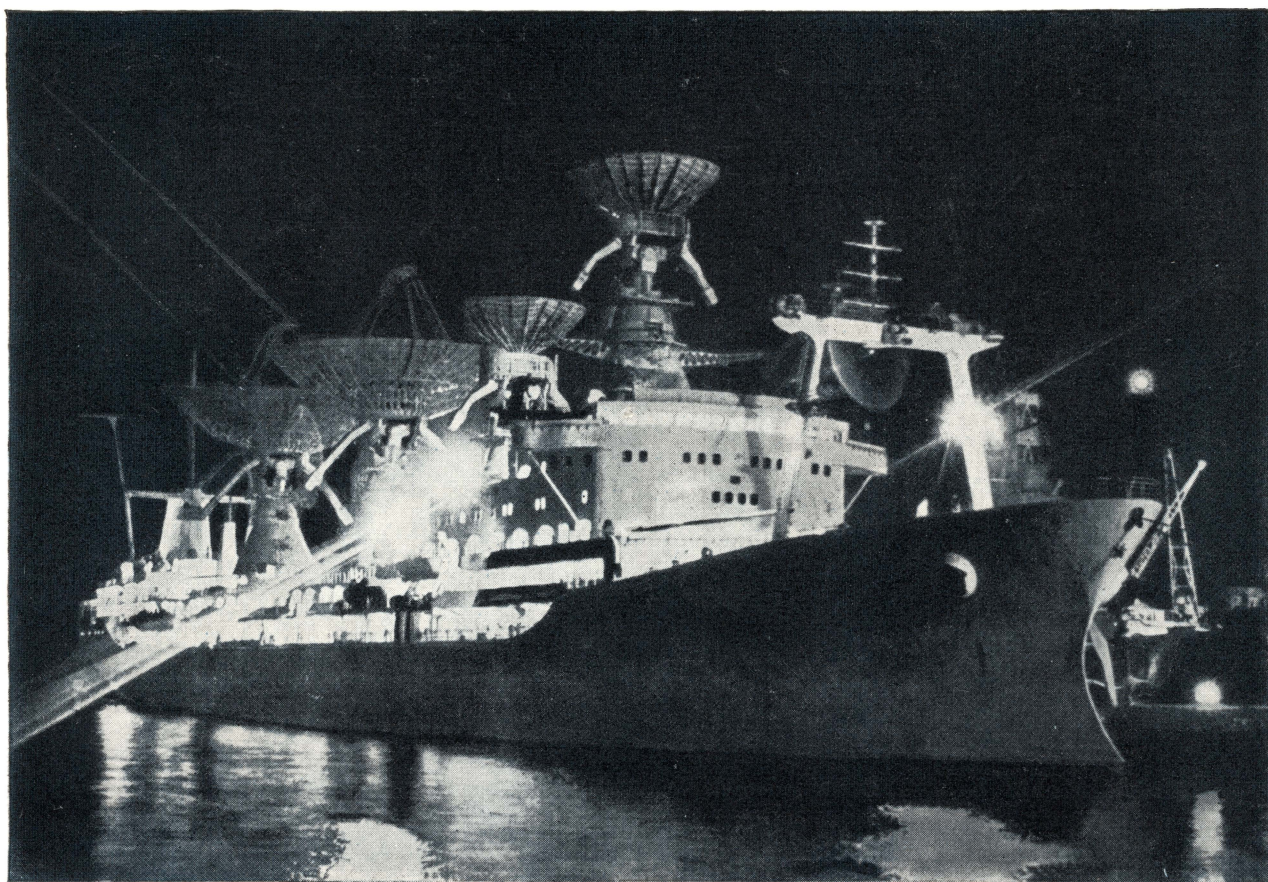




ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

4

1972

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

ВЫДАЮЩИЕСЯ АСТРОФИЗИКИ — лауреаты Золотой медали имени М. В. Ломоносова 1971 года



Вице-президент АН СССР академик М. Д. Миллионщиков вручает Золотые медали имени М. В. Ломоносова 1971 года академику В. А. Амбарцумяну (слева) и профессору Х. Альвену

2 марта 1972 г. в Москве состоялось Общее собрание Академии наук СССР, на котором вице-президент АН СССР М. Д. Миллионщиков вручил Золотые медали имени М. В. Ломоносова 1971 года советскому астрофизику В. А. Амбарцумяну за выдающиеся достижения в области астрономии и астрофизики, а также шведскому ученому Ханнесу Альвену за выдающиеся успехи в области физики плазмы и астрофизики. (Отчет о заседании Общего собрания АН СССР опубликован в журнале «Вестник Академии наук СССР», № 5, 1972 г.)

Золотая медаль имени М. В. Ломоносова — высшая награда Академии наук СССР — учреждена Постановлением Совета Министров СССР в 1956 г. Медали присуждаются ежегодно (одна — советскому, другая — иностранному ученому) за выдающиеся открытия в области естественных наук. Этой награды уже удостоены 16 ученых, среди них академики П. Л. Капица, Н. Н. Семенов, иностранные члены АН СССР С. Ф. Пауэлл (Великобритания), И. Русняк (Венгерская Народная Республика).

ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год



ИЮЛЬ — АВГУСТ

4 1972

Издательство «Наука»
Москва

В номере

В. А. Амбарцумян — Нестационарные явления в мире звезд и галактик	2
Х. Альвен — Стратегия космических исследований	13
В. С. Сафронов — Развитие теории Шмидта	18
Е. М. Сузюмов — Центр дальней космической связи в океане	26
Д. Ю. Гольдовский — «Большой тур» уступает место «малому»	29
П. Ф. Чугайнов — Звезды низкой светимости	32
М. Отуотер — Внимание — лавина!	36
В. И. Левантовский — Полеты к Солнцу	41
Л. И. Гудзенко — Нужны ли фотонные ракеты!	46

ЛЮДИ НАУКИ

Л. Д. Костина — Софья Васильевна Ворошилова-Романская	50
---	----

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

В. А. Бронштэн — Астрономия и геодезия в Азербайджане (Бакинский пленум Центрального совета ВАГО)	52
М. М. Шемякин — IV коллоквиум телескопостроителей	54
Анкета СЕТИ	57

ИЗ ИСТОРИИ ВАГО

В. К. Луцкий — Первая народная обсерватория в Москве	62
--	----

ЭКСПЕДИЦИИ

А. Я. Салтыковский — Вулканы Монголии	66
---	----

СТИХИ О ВСЕЛЕННОЙ

В. Я. Брюсов	68
------------------------	----

НАРОДНЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ И ПЛАНЕТАРИИ

И. П. Ярцев — Шольинская народная обсерватория	70
--	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Р. Л. Хотинюк — Наблюдайте «звездный дождь» Драконид!	72
---	----

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

.	75
-----------	----

КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ

В. А. Орлов — Марки о Николае Копернике	76
---	----

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ

.	78
-----------	----

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Движение Торо [17]; Загадка компактных галактик-спутников [24]; Активность ядер галактик — результат эволюции звезд [25]; Новые соседние галактики [25]; Новые малые планеты [35]; Радиоизлучение звезд [35]; Лебедь XR-1 — двойная звезда с тяжелым компонентом [35]; Полет «Аполлона-16» [45]; В полете «Прогноз» [49]; Как произошли коралловые рифы [64]; Свечение земной магнитосферы [65]; Природа полярных шапок Марса [73]; Самые необычные рентгеновские источники [74]; Крупный сдвиг в земной коре [74]; Обмен лунным грунтом [74]; «Земля и Вселенная» в Московском планетарии [80]



Академик В. А. АМБАРЦУМЯН — советский астроном и астрофизик — создал количественную теорию свечения газовых туманностей, предложил метод расчета масс, выбрасываемых новыми звездами, разработал основы статистической механики звездных систем, показал, что звездные скопления постепенно распадаются, и оценил возраст звездных скоплений. В. А. Амбарцумян открыл и исследовал динамически неустойчивые, находящиеся в стадии распада звездные системы нового типа, названные звездными ассоциациями. В. А. Амбарцумян выполнил важные исследования в области теории рассеяния света в мутных средах, а также внес существенный вклад в изучение межзвездного поглощения света. Он создал теорию барионных звезд, обладающих плотностью, превышающей плотность ядерного вещества, открыл и изучил космогоническую активность ядер галактик.

Академик В. А. Амбарцумян — член ряда иностранных академий и научных обществ. В 1968 г. он избран президентом Международного совета научных союзов.

Талантливый организатор науки и видный общественно-политический деятель, Герой Социалистического Труда В. А. Амбарцумян более 20 лет является президентом Академии наук Армянской ССР.

В. А. АМБАРЦУМЯН
академик

Нестационарные явления в мире звезд и галактик

Доклад публикуется с небольшими сокращениями

Вполне естественно, что Академия наук СССР назвала свою высшую награду именем Михаила Васильевича Ломоносова. Но тем самым она предопределила, что всякий, кто удостоивается этой награды, оказывается в трудном положении: вся деятельность Ломоносова являет собой пример такого беззаветного служения науке и вместе с тем беспредельной преданности Родине, что каждый из награжденных поневоле терзается сомнениями, достоин ли он столь высокой награды. Вы поймете мои чувства, если учтете, что, подобно многим моим товарищам, я постоянно испытывал и испытываю глубочайшее благоговение перед этим дорогим именем.

Смущение, которое вызвала во мне эта награда, усиливается еще и тем, что в прошлом году она была вручена ученому, чья деятельность мне всегда представлялась недостижимым образцом научного творчества,— академику Ивану Матвеевичу Виноградову. Еще в 20-х годах в Ленинградском университете Иван Матвеевич внушал нам, что в науке важно не модное, а трудное и полезное. И именно потому, что Иван Матвеевич сам строго придерживался этого правила, его имя стало «знаком качества» в любимой им науке. Пример Ивана Матвеевича Виноградова в работе и жизни имел для меня такое же большое значение, как советы моего наставника по конкретным методам астрофизических исследований Аристарха Аполлоновича Белопольского. При получении почетной награды передо мной вновь возникает образ этого большого труженика науки, одного из основателей астрофизики, выдающегося русского ученого. В результате работы под руководством Белопольского в 1928—1932 гг. для меня стали яснее специфические особенности астрофизических исследований, что оказало большое влияние на мою дальнейшую деятельность.

Самым серьезным своим достижением и одним из главных достижений коллектива Бюраканской обсерватории я считаю открытие активности ядер галактик. Однако на эту тему я уже делал доклад на Общем собрании Академии наук СССР в 1968 г.* В отличие от ситуации, имевшей место лет 15 назад, когда вне Бюракана никто не верил в существование активности ядер галактик, сегодня о ней говорят почти на каждом углу, а раз это стало модой, то я лишь вскользь коснусь этой темы.

В 1927—1928 гг., когда я и мои сверстники оканчивали Ленинградский университет, все

большее развитие получала интерпретация звездных спектров на основе хорошо разработанной к тому времени систематики атомных спектров и представлений о переносе излучений как основной форме энергообмена в звезде и в ее атмосфере. Теория переноса излучений, или теория лучистого равновесия звездных атмосфер, стала широко применяться. Подобно тому как атомные спектры говорят нам о строении атома, так и спектры звезд при надлежащей их теоретической интерпретации, главным образом на основе теории лучистого переноса, рассказывают об устройстве звездных атмосфер. Поэтому уже тогда меня сильно привлекали задачи теории лучистого переноса и я стал довольно прилежно заниматься ими.

Именно в то время я задал себе вопрос: а насколько однозначно спектр собственных значений какой-либо системы определяет ее устройство? Так впервые возникла задача, обратная задаче Штурма—Лиувилля. На короткий срок я отошел от своих астрофизических занятий и вскоре после окончания университета напечатал в журнале «Zeitschrift für Physik» маленькую статью, в которой поставил эту «обратную задачу» и нашел ее решение для очень частного случая. Если астроном выполнил математическую работу и напечатал ее в физическом журнале, то ясно, что на нее никто не обратит внимания. Только через 15 лет шведский математик Борг раскопал статью и уже в послевоенный период он и группа советских математиков провели ряд интересных и более общих исследований по «обратной задаче» теории собственных значений дифференциальных уравнений.

Эпизод с этой работой не отвлек меня от теории переноса излучения. Я все больше занимался вопросами применения этой теории к звездным спектрам и пытался найти математические методы решения задач теории переноса. Теория переноса увлекала меня потому, что она одинаково применима и в астрофизике, и в геофизике, и в оптике моря, и в расчетах по многократному рассеянию нейтронов.

В разработке математических методов этой теории наиболее значительных результатов удалось добиться в 1939—1942 гг. Было найдено решение уравнения переноса излучения для глубоких слоев рассеивающей и поглощающей плоскопараллельной среды при любой форме индикатрисы рассеяния. Так была заодно решена и чисто геофизическая задача изменения освещенности в морских глубинах, куда проникает лишь многократно рассеянный свет. Удалось найти прием, с помощью кото-

* В. А. Амбарцумян. Ядра галактик. «Земля и Вселенная», № 2, 1969 г. (Прим. ред.)

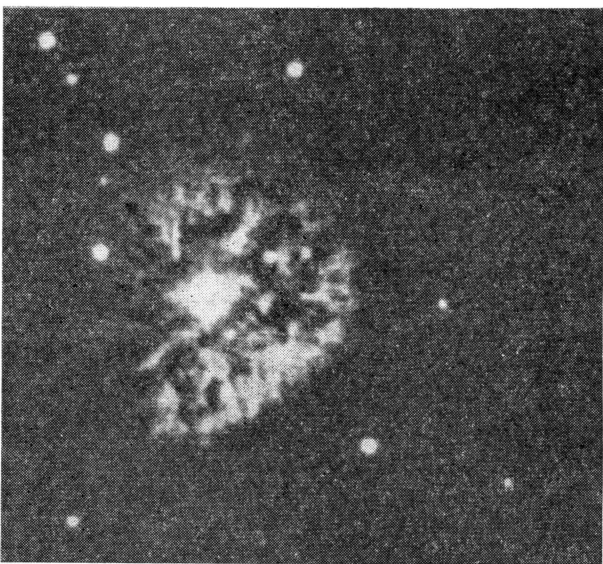
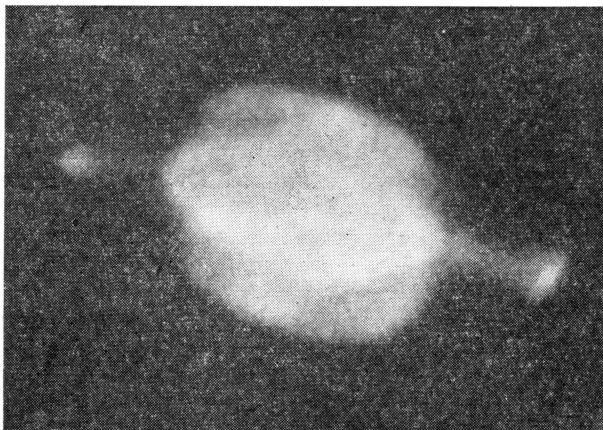
рого уравнения переноса излучения (тогда рассматривались лишь линейные задачи переноса) сводятся к некоторым простым, легко решаемым функциональным уравнениям.

Новый подход к решению задач теории переноса получил дальнейшее развитие в трудах В. В. Соболева и его учеников, в работах С. Чандрасекара и его школы, Р. Белмана и его группы, а в последние годы в работах бюраканских исследователей. В частности, недавно было показано, что этот метод, казалось бы целиком основанный на линейности соответствующих задач, может быть применен и в области нелинейных задач.

Я назвал одну область, увлекавшую молодых астрофизиков в конце 20-х годов, — теорию звездных атмосфер и ее аппарат — теорию переноса излучения. Но в тот же период важные результаты по физике газовых туманностей были получены Э. Хабблом и И. Боуэном. Боуэну удалось отождествить таинственные эмиссионные спектральные линии, наблюдавшиеся в спектрах планетарных и вообще газовых туманностей и условно приписывавшиеся гипотетическому элементу небулию. Оказалось, что это просто запрещенные линии ионов кислорода и азота, соответствующие переходам из метастабильных состояний. Выяснилось также, что в газовых туманностях создаются благоприятные условия для накопления атомов в метастабильных состояниях, в результате чего соответствующие спектральные линии достигают большой интенсивности.

Создавая теорию этого явления на основе расчета возбуждения и ионизации в газовых туманностях, С. Росселанд допустил ошибку при расчете заселенности метастабильных уровней атомов и ионов: полученные им оценки оказались верны, лишь когда условия таковы, что запрещенные линии не должны наблюдаться в туманностях. Между тем как раз нужно было объяснить, почему эти линии наблюдаются и имеют измеренные астрономами интенсивности. Это дало мне повод построить в 1932 г. улучшенную теорию возбуждения запрещенных линий в газовых туманностях, а затем вообще заняться газовыми туманностями. Изучение работ голландского астрофизика Х. Занстра показало, что в этой области возникают существенно новые задачи теории переноса излучения. Здесь мы имеем дело с задачей одновременного взаимодействия материи с полями излучения на разных частотах.

Нам удалось найти адекватную этой задаче разрешимую схему и показать, что дело сводится к расчету двух полей излучения — лайман-альфа и лаймановского континуума — и что



Газовые туманности. Сверху вниз — планетарная туманность «Кольцо» в созвездии Лиры; планетарная туманность «Сатурн» в созвездии Водолея; туманность, образованная взрывом Новой Персея 1901 года (снимок сделан примерно через 50 лет после вспышки)

каждое из этих полей можно последовательно определить из условий и уравнений задачи.

Вместе с тем, хотя в стационарной туманности световое давление должно бы играть огромную роль, учет его приводит лишь к выводу о том, что планетарные туманности наблюдаемой формы вообще не могут находиться в стационарном состоянии. Отсюда было сделано заключение о нестационарности этих объектов. А в нестационарных туманностях световое давление невелико. Сейчас мы имеем многочисленные свидетельства в пользу того, что планетарные туманности расширяются и, удаляясь от центральной звезды, рассеиваются в окружающем пространстве.

Очевидно, планетарная туманность возникает из вещества, выброшенного из звезды. Уже давно установлено, что во время вспышек Новые звезды сбрасывают газовые расширяющиеся оболочки, которые видны вокруг этих звезд в течение десятков лет как маленькие туманности. Затем они рассеиваются в окружающем пространстве. Теперь стало ясно, что гораздо более массивные, более долгоживущие планетарные туманности тоже порождаются звездами.

Продолжительность жизни планетарных туманностей оценивалась примерно в 10^4 — 10^5 лет. Тем самым был сделан важный шаг в констатации быстропотекающих явлений и нестационарных объектов в Галактике.

Следующий важный шаг — доказательство того, что открытые, или рассеянные, звездные скопления в Галактике не могут существовать больше 10^9 — 10^{10} лет. Еще до наших работ по проблеме возраста скоплений высказывалась мысль, что внешние возмущения должны разрушать эти образования и сокращать время их жизни. Однако нами было показано, что основным процессом, ограничивающим продолжительность существования этих систем, является, так сказать, процесс самоиспарения. Члены звездного скопления, двигаясь, иногда сближаются друг с другом и обмениваются энергией. В результате отдельные звезды приобретают большую кинетическую энергию и безвозвратно покидают скопления. С течением времени должно «испариться» все скопление.

Таким образом, скопления не возникают из независимых друг от друга звезд общего звездного поля Галактики, а наоборот, разрушаясь, как бы становятся источником, питающим звездное поле. Стало быть, звезды каждого скопления возникли совместно и имеют общее происхождение.

Здесь следует сказать, в какой обстановке были получены эти выводы. В тот период бла-

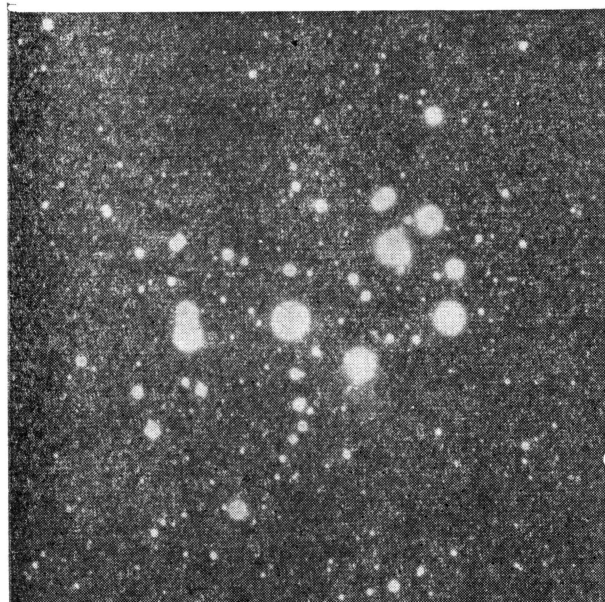
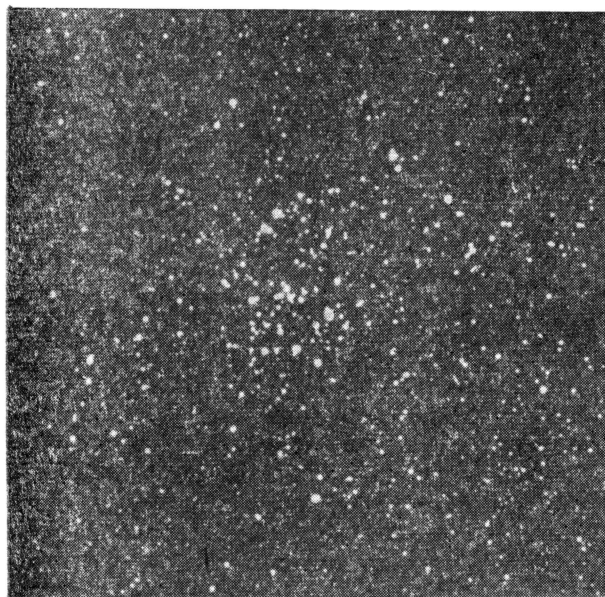
годаря работам, главным образом, Дж. Джинса считалась установленной так называемая «долгая шкала» эволюции звезд в нашей Галактике, согласно которой возраст звезд оценивался в 10^{13} лет. Предполагалось, что за такой срок звезды вследствие излучения постепенно теряют свою массу и именно в потере массы и заключается сущность их эволюции. Вместе с тем тогда уже было известно о расширении системы галактик (расширяющаяся Вселенная), поэтому возникала мысль, что возраст всей системы галактик не превосходит нескольких миллиардов лет, во всяком случае 10^{10} лет («короткая шкала» эволюции Вселенной). Некоторое время обе шкалы странным образом уживались. Парадоксальность ситуации заключалась в том, что системе более высокого порядка (Вселенной) приписывался меньший возраст, чем входящим в нее системам и телам низшего порядка (галактикам, звездам)!

Наши исследования показали, что открытые звездные скопления имеют «короткую шкалу» эволюции (это еще ничего не решало в отношении членов звездного поля и Галактики вообще). Но если бы оказалась справедливой «долгая шкала», то все звезды, наблюдаемых скоплений, например Плеяд, пришлось бы считать буквально только что возникшими. Оставалось лишь удивляться, почему слабые звезды в Плеядах, являющиеся такими молодыми объектами, столь похожи на равных им по светимости карликов общего звездного поля. Появилось первое серьезное сомнение в справедливости «долгой шкалы» звездной эволюции.

Для того чтобы окончательно решить вопрос о «долгой шкале», мы приступили к изучению распределения элементов орбит двойных звезд. И сразу нам стало ясно, что наблюдаемое распределение больших полуосей орбит широких звездных пар противоречит «долгой шкале» звездной эволюции. Я еще не успел опубликовать свои результаты, как в «Nature» появилась статья Джинса, который тоже изучал этот вопрос и пришел к выводу, что распределение эксцентриситетов известных орбит двойных звезд хорошо подтверждает «долгую шкалу». Легко было найти, в чем ошибка Джинса, и разгоревшаяся между нами полемика быстро закончилась.

Таким образом, исследование нестационарных процессов (в данном случае темпов установления равновесного распределения элементов орбит двойных звезд) доказало справедливость «короткой шкалы» звездной эволюции, и парадокс, о котором упоминалось, был устранен.

Неизбежен и другой вывод из работы по статистике широких звездных пар. В Галактике благодаря случайным встречам двойных звезд с одиночными происходит процесс разрушения широких пар. Появление таких пар при тройных сближениях практически невозможно. Таким образом, не оставалось сомнения в том, что компоненты каждой пары возникли одновременно.



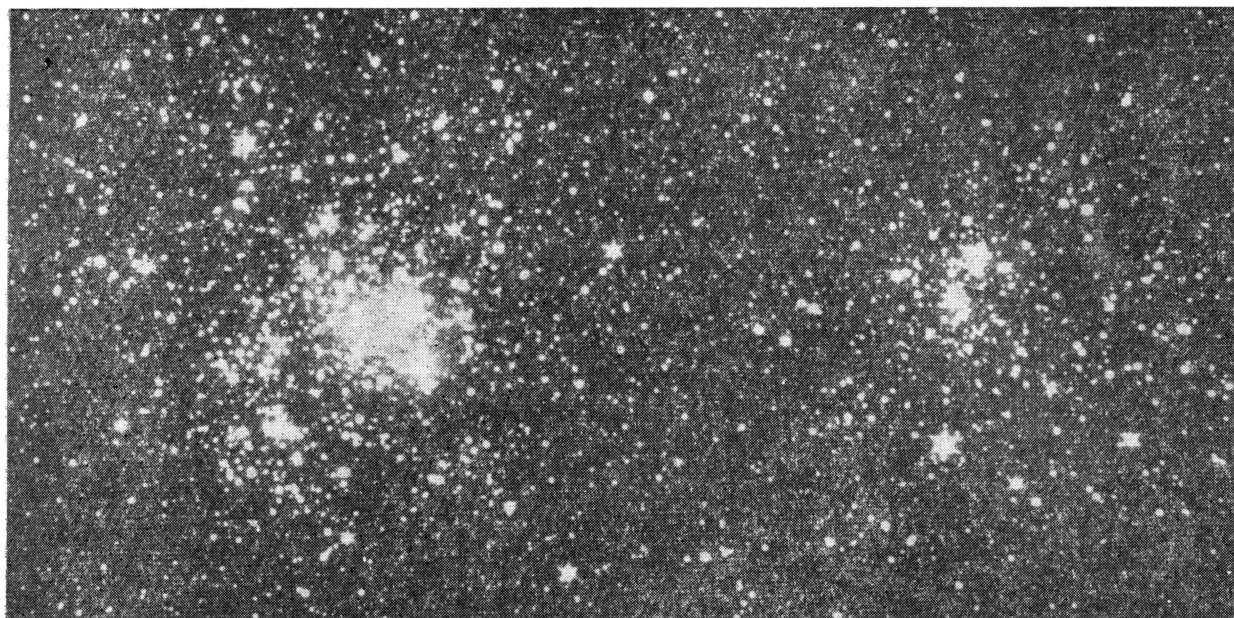
Рассеянные звездные скопления. Вверху — скопление в созвездии Единорога, внизу — Плеяды в созвездии Тельца

В 30-е годы ряд авторов на основании изучения звезд типа Р Лебедя и Вольфа — Райе пришел к выводу о нестационарном состоянии звезд с непрерывным истечением вещества, ведущим к существенному уменьшению их массы. Здесь особо следует отметить важную роль, которую сыграли работы советских астрофизиков Н. А. Козырева о протяженных фотосферах у таких звезд и Б. А. Воронцова-Вельяминова о природе горячих звезд. Становилось очевидным, что на смену классическим умозрительным гипотезам об эволюции небесных тел приходят гипотезы, основанные на данных наблюдений и фактах, подкрепленных строгими теоретическими соображениями. Астрофизика все более становилась эволюционной наукой.

Несколько меньше внимания в то время обращали на другое обстоятельство: везде, где удавалось из наблюдений обнаружить эволюционные изменения, мы встречали процессы рассеяния, переходы от концентрированных состояний и систем к более разреженным. Между тем все созданные до того и даже продолжавшие появляться умозрительные схемы и гипотезы о звездной эволюции неизменно говорили о возникновении и эволюции этих объектов в процессе конденсации. Авторы таких схем и гипотез сторонились достаточно радикальных выводов о направлении эволюции космических систем, они искали новые варианты теории конденсации, в которых может появиться рассеяние, но уже как вторичный процесс — как следствие конденсации.

С 1947 г. началось исследование звездных ассоциаций. Эти звездные группировки содержат горячие звезды-гиганты спектральных классов О и В или неправильные переменные звезды-карлики, называемые звездами типа Т Тельца. Иногда в ассоциацию входят и те и другие объекты. Мы называли эти системы, соответственно, О-ассоциациями, Т-ассоциациями и О+Т-ассоциациями. Поскольку О-ассоциации включают, как правило, звезды класса В (а не только О), в употребление вошло и обозначение их как ОВ-ассоциаций.

Изучение звездных ассоциаций показало, что они должны быть гораздо менее устойчивыми, чем скопления, а подчас и распадающимися. Действительно, голландскому астрофизику А. Блаау удалось обнаружить расширяющуюся ассоциацию в Персее. Другую группу быстро расходящихся звезд нашли в созвездии Ориона. Такие группы получили название систем с положительной энергией. Все происходит так, как если бы звезды данной ассоциации образовались внутри одного или нескольких малых объе-



Двойное звездное скопление h и χ Персея. Его относят к типу OB-ассоциаций

мов пространства, а затем стали удаляться от них со значительными скоростями — порядка нескольких километров в секунду (а иногда и свыше десяти). В одном случае такой скорости бывает достаточно, чтобы группировка быстро рассеялась в пространстве, в другом — получается очень широкая неустойчивая группировка слабо связанных силами притяжения звезд, в третьем — возникают обычные открытые звездные скопления, о судьбе которых уже говорилось. В первых двух случаях продолжительность жизни группировки составляет 10^7 лет или даже меньше. Как видно из сказанного, общее звездное поле непрерывно пополняется звездами, сформировавшимися в ассоциациях.

Не буду останавливаться здесь на тонкостях, связанных с тем, что в одной ассоциации часто имеется несколько центров звездообразования, вследствие чего внутренние движения звезд в ассоциациях не всегда можно истолковать как простую радиальную экспансию из одной точки. Важно, что удалось сформулировать две истины: процесс звездообразования в Галактике продолжается в нашу эпоху; звезды, как правило, рождаются не поодиночке, а группами.

Итак, эволюционные процессы, относящиеся к звездам и их агрегатам, связаны с расшире-

нием и рассеянием, а формирование звезд происходит в каких-то малых объемах. Не оставалось ничего другого, как, отбросив предвзятые представления о сгущении рассеянного вещества в звезды, предложить основанную на прямой экстраполяции наблюдательных данных диаметрально противоположную гипотезу о том, что звезды возникают из плотного, скорее сверхплотного, вещества путем разделения (фрагментации) массивных дозвездных тел. Поскольку в ассоциациях наряду со звездами имеются диффузные газовые и пылевые туманности, пришлось также допустить, что при фрагментации дозвездных тел могут выделяться и потом рассеиваться значительные массы диффузного вещества. Если звезды и диффузные туманности возникают совместно, то там, где наблюдаются наиболее тесные комбинации звезд и газовых облаков, мы должны искать наиболее молодые объекты звездного мира.

В результате анализа совокупности данных о кратных звездах нами был выделен класс неустойчивых кратных систем, получивших название систем типа Трапеции. Оказалось, что Трапеции встречаются в ассоциациях особенно часто и в тесной связи с диффузной материей. По всей видимости, возраст этих систем измеряется сроком порядка 1 млн лет. Само



Диффузная туманность в созвездии Ориона. Здесь находится знаменитая Трапедия Ориона — неустойчивая кратная система звезд

существование систем типа Трапедии как весьма ранней фазы развития звездных групп явилось новым указанием на то, что сейчас же после своего возникновения звезды составляют весьма тесные группы, а это в свою очередь свидетельствует о направлении эволюции от плотного состояния вещества к рассеянному.

В 50-х годах продолжалось изучение Т-ассоциаций и их отдельных членов — звезд типа Т Тельца. Оказалось, что ряд явлений, наблюдаемых в их спектрах, свидетельствует о необычайно бурных процессах, происходящих во внешних слоях звезд. К их числу относится появление непрерывной эмиссии, вуалирующей линии поглощения. Вскоре к звездам типа Т Тельца были присоединены два новых класса объектов: вспыхивающие звезды, в частности звезды типа UV Кита, и объекты Хербига — Аро. Все они относятся к нестационарным молодым звездам.

Исследуя нестационарные звезды, мексиканский астроном Г. Аро показал, что при переходе от молодых звездных группировок — ассоциаций — к более поздним — классическим звездным скоплениям — вместо звезд типа Т Тельца появляются вспыхивающие звезды, которые обычно имеют постоянный блеск, но время от времени переживают вспышки, когда яркость звезды буквально за десятки секунд возрастает в несколько, а иногда и в сотни раз. Если звезда находится в стадии Т Тельца порядка 10^6 лет, то фазы вспышечной активности гораздо более длительны, и у звезд с малой массой могут продолжаться до 10^8 лет.

Недавно нам удалось найти способ оценки общего числа вспыхивающих звезд в каждом скоплении. Первые же такие оценки привели к выводу, что все звезды-карлики, входящие в скопления, проходят через длительную стадию вспышечной активности. Иными словами, высокая вспышечная активность оказывается фазой эволюции карликовых звезд, непосредственно следующей за стадией Т Тельца. Еще недавно считали вспыхивающие звезды относительно редкими объектами, но сейчас мы знаем, что вспыхивающих звезд в одном лишь скоплении Плеяд не меньше 700, а возможно, и 1000.

Нами была предложена гипотеза о том, что молодые звезды сохраняют в себе какое-то количество дозвездного вещества, которое время от времени дискретными порциями выносятся во внешние слои звезды и даже в окружающее пространство. Именно из такой порции черпается энергия вспышки. Эта гипотеза оказалась очень плодотворной. Она позволила

предсказать ряд интересных явлений, в том числе разделение вспышек на два класса: «быстрые» и «медленные».

В середине 50-х годов мы перешли от изучения нестационарности в мире звезд к нестационарным явлениям в мире галактик, стремясь найти объекты, у которых ранняя фаза развития космического вещества может продолжаться достаточно долго.

Как мы показали, шкала времени эволюции для звезд, галактик и даже больших групп галактик одна и та же — порядка 10^{10} лет. Но, очевидно, изменения в галактиках, в частности процессы их становления, должны занимать гораздо более длительные сроки, чем аналогичные процессы в звездах, поэтому среди галактик можно ожидать гораздо более высокий процент «молодых» объектов. Именно в мире галактик должны особенно часто наблюдаться бурные нестационарные процессы.

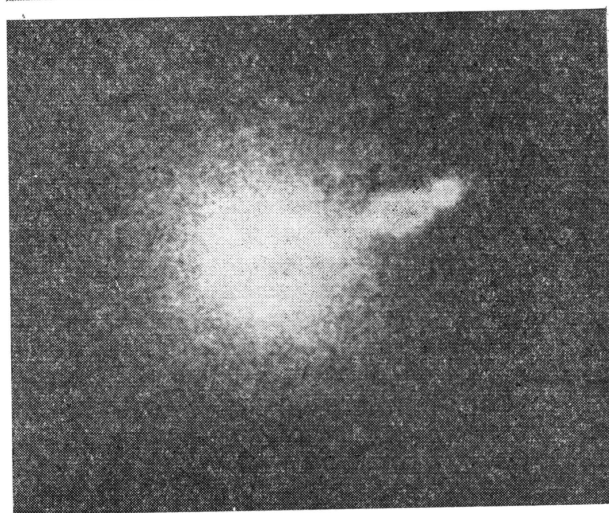
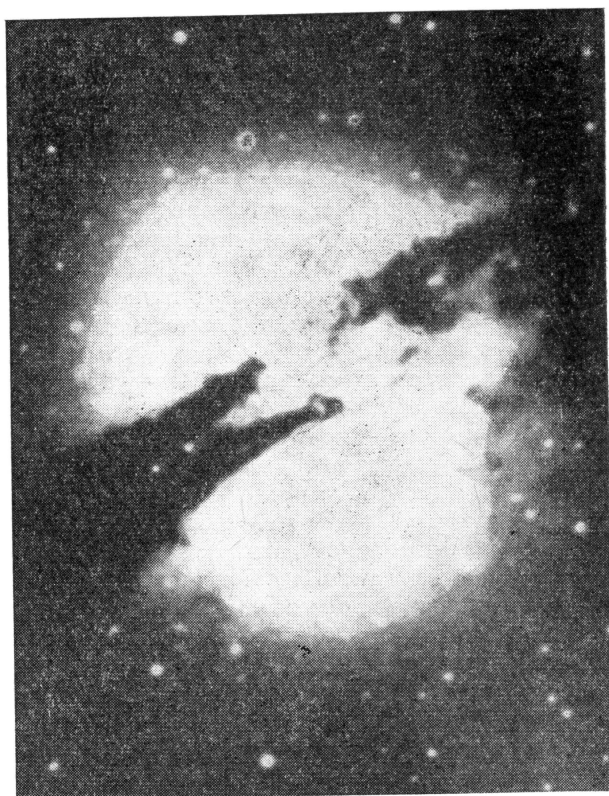
Уже к началу 50-х годов было известно, что лучевые скорости галактик, входящих в некоторые скопления, обладают гораздо большей дисперсией, чем это следовало из представлений о стационарности скоплений. Предположения о наличии в скоплениях значительных масс сильно ионизованного межгалактического газа были неспособны спасти гипотезу о стационарности скоплений. Нельзя было не считаться с тем, что хотя бы часть скоплений галактик находится в состоянии экспансии. Это не так уж удивительно, когда мы знаем с грандиозным явлением расширения всей системы галактик, включая их скопления. А так как большинство галактик входит в скопления, ожидать, что нестационарность в мире галактик встречается гораздо чаще, чем в мире звезд, вполне естественно.

В 1952 г. В. Бааде и Р. Минковский отождествили некоторые наблюдаемые космические радиоисточники с определенными галактиками — появился термин «радиогалактики». Авторы этого отождествления выдвинули гипотезу, что каждая радиогалактика — результат столкновения двух галактик. Предполагалось, что при их столкновении возникают огромные облака релятивистских электронов, которые и ответственны за радиоизлучение. На протяжении почти 10 лет эта гипотеза излагалась как единственно правдоподобная в учебниках и популярных статьях.

Однако сразу же после появления этой гипотезы нами было указано, что она находится в резком противоречии с некоторыми твердо установленными данными. Изучение вопроса в 1953—1954 гг. привело нас к выводу, что радиогалактики — результат сильных критиче-

ских явлений, возникающих вследствие внутреннего развития галактики. В 1955 г. стало ясно, что здесь мы имеем дело с последствиями гигантских взрывных процессов, происходящих в ядрах галактик.

Несколько лет после этого я и мои сотрудники изучали оптические изображения галак-

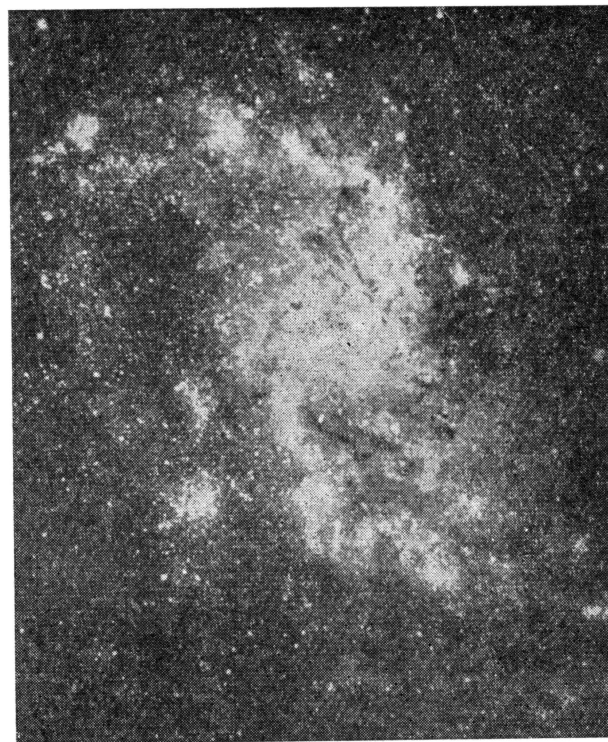


Галактики, с которыми отождествлены мощные космические радиоисточники Центавр А (вверху) и Дева А

тик главным образом по картам знаменитого Паломарского атласа и частично по снимкам, полученным на скромном 21-дюймовом телескопе Шмидта Бюраканской обсерватории. Нами были обнаружены голубые выбросы из ядер галактик и установлены факты, которые привели к рождению идеи о разнообразной активности ядер галактик. Может быть, небезынтересно напомнить, как участники Сольвейской конференции 1958 г. встретили эту идею: одни отнеслись к ней отрицательно, другие — холодно. Между тем идея активности ядер к тому времени уже была неизбежной для всех, кто серьезно изучал соответствующие наблюдательные данные. Но большинство астрофизиков еще не приняло в тот период идеи активности ядер, и по-прежнему появлялось много статей, иллюстрированных прекрасными фотоснимками, с бесконечным повторением версии о столкновении галактик. Даже значительно позже, когда в 1961 г. я в своем докладе на пленарном заседании съезда Международного астрономического союза в Беркли представил в подробно разработанном и в более радикальном виде идею об активности ядер галактик, многие астрономы еще не соглашались с ней. И только через два года после открытия квазаров, которые по существу оказались теми же ядрами, но более высокой светимости и активности, а также после обнаружения А. Сандиджем и К. Линдсом взрыва в ядре галактики M 82, происшедшего 1,5 млн лет тому назад, все признали огромную роль активности ядер в развитии галактик. Идею об активности ядер как основного фактора эволюции галактик можно сформулировать так: каждая галактика образуется в результате активности своего ядра и выделившихся из него вторичных центров активности. Дальнейшая эволюция галактики протекает, главным образом, по законам взаимодействия и саморазвития звезд и туманностей при относительно слабом внешнем воздействии ядра.

Иногда разным подсистемам, возникающим в галактике, соответствуют разные формы активности ядра. В одном случае это взрывы, при которых выбрасываются значительные по массе плотные сгустки, в другом — истечение потоков газа, в третьем — выбрасывание облаков релятивистских частиц, в четвертом — длительное и, может быть, относительно более спокойное истечение спиральных рукавов.

Возникает вопрос: каков механизм этих различных форм активности? Ответить на него — значит понять происхождение галактик. Следует признать, что мы пока очень далеки от возможности дать ответ. И это естественно.



Гигантская спиральная галактика в созвездии Треугольника (M 33)

Уже тысячелетия человек собирает данные о звездах и еще не смог разгадать механизма их происхождения. Более того, живя на Земле, человек еще не смог понять, как возникла наша планета. Однако находятся смелые люди, которые уверяют, что им известно не только происхождение галактик, но и происхождение ядер галактик и квазаров! Мы не отрицаем огромной важности этих проблем. Но для их решения надо сперва накопить необходимые фактические данные и понять природу ядер галактик и квазаров. Поэтому мы не будем пытаться ответить на столь трудные вопросы.

Что представляют собой ядра галактик? Пока можно лишь сказать, что это сверхмассивные объекты. Можно утверждать и то, что ядра не просто большие, очень плотные звездные группы, подобные шаровым скоплениям, как думали еще четверть века назад почти все астрономы. Наблюдения ядра галактики M 33, проведенные группой М. Шварцшильда с помощью аппаратуры, установленной на баллоне, свидетельствуют о том, что диаметр ядра, возможно, значительно меньше 0,5 пс, а средняя плотность вещества по крайней мере в миллионы раз выше, чем в шаровых скоплениях. Не будем торопиться. Может быть, в XXI сто-

летию удастся понять подлинную природу ядер и квазаров, а еще позднее узнать, как они произошли.

Я позволю себе не останавливаться подробно на сущности вопроса об активности ядер и многообразии проблем, с которыми здесь сталкивается астрофизика. Рассмотрю лишь два направления исследований, которые привели к новым успехам.

В Бюраканской обсерватории открыто большое число галактик с аномально яркой ультрафиолетовой частью спектра. По имени их открывателя, академика АН АрмССР Б. Е. Маркаряна они получили название галактик Маркаряна. Оказалось, что ультрафиолетовым излучением обладают галактики с очень активными ядрами, во многом схожими с квазизвездными объектами, и галактики, содержащие много горячих звезд. Оба типа галактик примерно в равном количестве входят в списки Маркаряна и одинаково интересны для выяснения проблем эволюции галактик.

За последние два года число открытых галактик Маркаряна превзошло 500 и среди них все время обнаруживаются отдельные галактики, представляющие исключительный интерес. Благодаря работам Э. Е. Хачикяна и Д. В. Видмана, В. Сарджента, Х. Арпа, М. А. Аракеляна, Э. А. Дибая, В. Ф. Есипова и самого Б. Е. Маркаряна достигнуты большие успехи в подробном исследовании спектров галактик Маркаряна.

Я упомяну здесь лишь об обнаружении Хачикяном и Видманом в водородных эмиссионных линиях галактики Маркарян-6 существенных изменений (появление нового компонента, смещенного по отношению к старому), которые свидетельствуют о быстром (в течение двух лет) возникновении расширяющегося газового облака, выброшенного из ядра или, может быть, какого-нибудь вторичного центра и имеющего массу порядка двух-трех солнечных. Это явление истолковывается как выброс из ядра газовой массы, причем выброс происходит буквально на наших глазах. Можно ожидать следующих подобных выбросов из активных ядер галактик.

Открытие галактик Маркаряна — крупное научное достижение. Сейчас все больше астрономов у нас и за рубежом на самых крупных телескопах стремятся изучить природу этих объектов. Укажем также, что Маркарян включил в свои списки несколько открытых им квазаров. В частности, Маркарян-132 оказался чрезвычайно интересным квазизвездным объектом (оптическим квазаром). По своей абсолютной яркости в оптических лучах этот

квазар превосходит все известные в настоящее время, он ярче всех объектов Вселенной.

Астрономы хорошо знают о широко популяризируемой в последние годы гипотезе возникновения спиральных рукавов галактик как волн плотности в самогравитирующей среде*. Обсуждению этой гипотезы было посвящено даже специальное заседание на съезде Международного астрономического союза в Брайтоне в 1970 г. Такое понимание происхождения спиральных рукавов, по существу, полностью игнорирует роль ядра спиральной галактики, несмотря на общеизвестную закономерность, заключающуюся в том, что спиральные рукава геометрически исходят из ядра даже когда ядро очень мало. В отличие от этой гипотезы, наша точка зрения связывает появление спиральных рукавов с истечением вещества из ядра.

Какая из двух точек зрения справедлива, выяснится из наблюдений. Для этого необходимы наблюдения с такой разрешающей силой, которая позволит подробнее исследовать поведение спиральных рукавов в околоядерной области. Неожиданно большое значение в данном вопросе приобретают радионаблюдения. Недавно в Голландии был введен в действие новый мощный радиотелескоп, на котором возможны детальные исследования распределения радиояркости по диску галактик. Как установлено наблюдениями первых же спиральных галактик, синхротронное излучение, исходящее из обыкновенных спиральных галактик (не радиогалактик!), распределено по диску в форме выделяющихся из ядра спиральных рукавов, которые, однако, не совпадают с оптическими. По мнению профессора Я. Оорта, расположение и строение спиральных радиорукавов и их сравнение с расположением оптических рукавов в изученной им и его сотрудниками галактике NGC 4258 заставляют считать правильной именно гипотезу истечения рукавов из ядра. Наблюдения группы Оорта еще подлежат дальнейшему обсуждению. Однако всем, кто в последние годы серьезно следил за развитием внегалактической астрономии, ясно, в каком направлении пойдет решение этого вопроса.

В последовательности работ, выполненных нами и нашими сотрудниками по изучению нестационарных явлений в мире звезд, туманностей и галактик, как вы могли убедиться, нашли свое отражение те интересные, порой драматические открытия, которые за последние десятилетия буквально преобразовали астро-

* Л. С. Марочник, А. А. Сучков. Чем объясняется спиральная структура галактик. «Земля и Вселенная», № 1, 1971 г. (Прим. ред.)

физику и всю астрономию. В астрономии, которая в течение тысячелетий имела дело с одними и теми же небесными телами — планетами и звездами, спутниками и кометами — сегодня появляются все новые объекты исследования, открываются новые типы явлений, которые изучаются новыми, немыслимыми в прошлом методами.

В наших работах делалась попытка понять основное направление эволюционных процессов Вселенной. Факты свидетельствуют, и притом довольно настойчиво, в пользу развития от плотного к рассеянному. Такая точка зрения стала распространяться преимущественно во внегалактической астрономии, да и то главным образом лишь в последнее время. Она, как признают даже ее противники, оказалась продуктивной, поскольку удалось предвидеть ряд новых явлений.

Могут спросить: неужели, исходя из гипотезы о конденсациях и коллапсе, не было предсказано ни одного качественно нового явления? Объективность требует отметить один пример важного и правильного предсказания, сделанного на основе представления о конденсации и коллапсе: после взрыва нормальной звезды, который мы наблюдаем как вспышку Сверхновой, на ее месте должна оставаться сверхплотная звезда. Открытие пульсара в Крабовидной туманности и данные о некоторых других пульсарах подтверждают правильность второй части этого предсказания — образование сверхплотного тела после вспышки Сверхновой. Однако подчеркиваем еще раз, что подтверждается лишь вторая часть указанного предсказания. Но был ли вспыхнувший объект нормальной звездой, центральная часть которой сжалась в сверхплотную звезду? На этот вопрос пока нет ответа.

Мы считаем возможным, что объект до вспышки тоже был сверхплотным. Тогда вспышка — это лишь процесс перехода между двумя состояниями сверхплотного тела, связанный с выбросом значительной массы. Не исключено также, что здесь может происходить фрагментация сверхплотного тела. Такая гипотеза еще не разработана, и в ее пользу можно привести лишь отдельные, не связанные между собой доводы. Однако важно, что пока оправдалась лишь та часть упомянутого предсказания, которая далеко еще не свидетельствует однозначно об имевшем место коллапсе. Очевидно, дело решат дальнейшие исследования.

Астрономия — наука наблюдательная. Имея дело с удаленными объектами, она стремится к тому, чтобы выявляемые ею факты были установлены как можно более достоверно, а вы-

полняемые измерения были как можно более точными. Тогда и обобщения астрономов и строящиеся ими теории становятся более надежными.

Для меня истолкование астрономических теорий связано, прежде всего, с решением «обратных задач». Решая «обратную задачу», мы находим закономерности, которые присутствуют в изучаемых явлениях. Чем точнее результаты наблюдений, тем с большей однозначностью можно найти решение. Другим исследователям кажется плодотворным метод придумывания моделей и гипотез, которые в конечном счете призваны объяснить те же наблюдаемые явления. Конечно, было бы неправильным считать, что справедлив лишь один из этих подходов. Для раскрытия тайн природы надо использовать и тот и другой. Опыт показывает, что пути сходятся. Однако специфика астрономических исследований, условия, в которых мы находимся при изучении процессов, происходящих в отдаленных от нас частях Вселенной, таковы, что в наиболее трудных случаях, в поворотные моменты развития астрономии подход к проблемам истолкования наблюдений именно как к «обратной задаче» оказывается более плодотворным.

Не следует, однако, забывать, что основой развития астрономии всегда остаются наблюдения. В них залог новых успехов. Только так, путем упорного труда многих и многих исследователей, астрономия обнаруживает качественно новые явления, вскрывает бесконечное многообразие проявлений свойств материи, вновь и вновь подтверждая, что природа действительно неисчерпаема.

В отличие от тех, кто думает, что почти все фундаментальные законы природы уже известны и в этой области осталось лишь кое-что доделать, зашить некоторые маленькие прорехи, я думаю, что в XXI веке будут открыты принципиально новые аспекты явлений природы и что XXXI век тоже будет полон новыми фундаментальными открытиями.

В этот радостный для меня день я с признательностью вспоминаю своих многочисленных коллег, которые поддерживали эти исследования, часто подсказывали новые мысли, с самого начала признавали новое направление и работали вместе со мной.

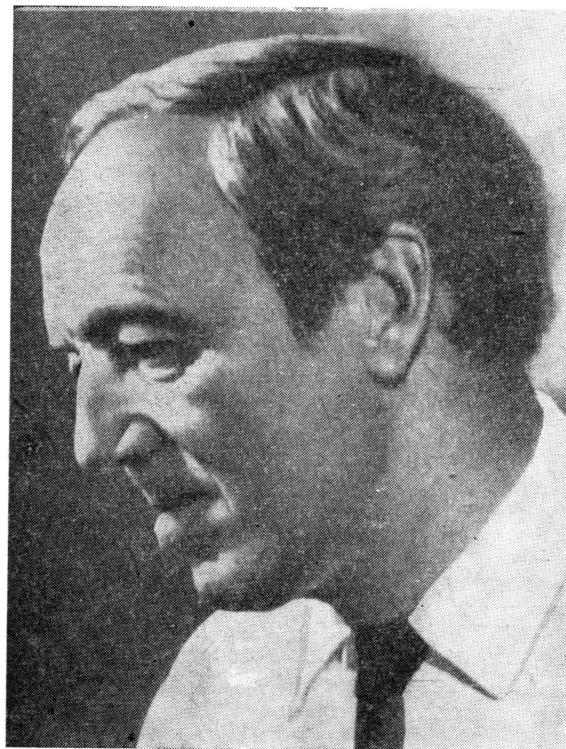
С особой благодарностью вспоминаю и тех, кто своей настойчивостью в защите противоположных взглядов возбуждал во мне задор и вызывал стремление искать новые доказательства и новые аргументы. Тем самым они тоже помогали становлению нового. Без противоречий нет развития.

ХАННЕС АЛЬВЕН
профессор

Стратегия КОСМИЧЕСКИХ исследований

Дорогие коллеги, товарищи, я хочу выразить свою глубокую благодарность Академии наук СССР за оказанную мне высокую честь — присуждение Золотой медали имени М. В. Ломоносова за 1971 г. Мне особенно приятно получить эту награду вместе с моим старым другом академиком В. А. Амбарцумяном.

Имя Ломоносова напомнило мне празднование его юбилея в Советском Союзе десять лет назад, когда я представлял Шведскую Акаде-



Ханнес АЛЬВЕН — шведский ученый, профессор Стокгольмского Королевского технологического института, один из основоположников новой области физики — магнитной гидродинамики. Им было введено представление о замороженности магнитного поля в плазму, открыт новый тип волнового движения проводящей среды в магнитном поле — магнитогидродинамические волны, названные впоследствии альвеновскими.

Х. Альвен предложил ряд гипотез, касающихся различных астрофизических явлений (образование солнечных пятен, протуберанцев, выброс облаков газа из Солнца, магнитные бури и полярные сияния).

Х. Альвен — член Королевской Академии наук в Стокгольме, а также почетный член многих академий, иностранный член Академии наук СССР. В 1970 г. ему присуждена Нобелевская премия по физике. Х. Альвен — активный участник Пагуошского движения ученых за разоружение и разрядку международной напряженности. В 1970 г. он был избран президентом этого движения.

мию наук и от ее имени воздал должное памяти великого ученого. Этот случай дал мне возможность больше узнать о таком замечательном человеке, как М. В. Ломоносов.

Среди богатого наследия Ломоносова один труд я считаю особенно интересным — «О происхождении айсбергов арктических океанов», который был опубликован в 1763 г. в «Записках Шведской Королевской Академии наук» после избрания Ломоносова ее членом. В труде рассматриваются различные предложенные им теории и делается вывод, что айсберги образуются не в результате замерзания морской воды, как думали некоторые, а возникают из ледников,— вывод, оказавшийся совершенно правильным.

Во времена Ломоносова арктические исследования были смелой попыткой обследовать географические области, ранее недоступные человеку. В настоящее время на Земле не осталось таких областей, однако стремление человека проникнуть в неизвестное по-прежнему велико. Единственное отличие — и огромное — состоит в том, что в наши времена это неизвестное находится в космическом пространстве.

Я не историк, но считаю, что было бы весьма интересным проследить, как Ломоносов в своих работах, например в упомянутом труде, вдохновлял последующие поколения ученых на проникновение в неизвестные области. К. Э. Циолковский, основавший науку реактивного движения, был, вероятно, одним из последователей Ломоносова в этой традиции, приведшей позднее к С. П. Королеву, которому больше, чем кому-либо другому, принадлежит заслуга в том, что космический век стал реальностью.

Давайте вспомним несколько фактов из истории космических исследований. Их зарождение связано с развитием военно-ракетной техники, возникшей во время второй мировой войны, а позднее — техники управления. Эти два вида техники вместе с атомным оружием представляют сегодня наиболее страшную угрозу для человечества в случае, если мир не будет обеспечен. Исследования космоса также имеют военные аспекты. Тем не менее военная значимость этих исследований, особенно когда они касаются отдаленных объектов, подобных Луне и планетам, снижается, а значимость чисто научных аспектов возрастает. Сотрудничество между космонавтами разных стран будет улучшаться по мере их удаления от Земли.

В этой связи следует остановиться на некоторых аспектах космических исследований.

КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

В технике ракетного движения, сделавшей возможными космические полеты, для достижения необходимых скоростей истечения продуктов сгорания применяются химические реакции. Однако скорости истечения газов, обеспечиваемые химическим топливом, составляют величины порядка одного или нескольких километров в секунду, тогда как для космических полетов нужны скорости, превышающие 10 км/сек.

В соответствии с формулой Циолковского, скорость, которой может достичь ракета, представляет собой скорость истечения, умноженную на логарифм отношения стартовой массы ракеты и массы полезной нагрузки. Это приводит к тому, что стартовый вес оказывается чрезвычайно большим. Отсюда вывод, что ракета на химическом топливе мало подходит для космических полетов. Будущее космических полетов зависит от создания новых ракетных двигателей. Другими словами, реактивное движение в условиях космоса должно стать независимым от той техники, на основе которой оно когда-то возникло.

Новые решения в технике ракетных двигателей может предложить физика плазмы. Разогнать плазму до любой скорости, необходимой для космического полета, сравнительно нетрудно. Хотя эта новая техника и доступна в настоящее время, она еще не использовалась для космических полетов. Две причины объясняют это обстоятельство. Первая заключается в обычной инерции всех крупных проектов, подобных космическим полетам. Введение новой, революционной техники означает организацию новых исследовательских групп, обладающих знаниями в новых областях, а на это всегда требуется длительное время. Вторая причина связана с источниками энергии, необходимыми для выбрасывания плазмы. Сейчас солнечные батареи могут производить до 10 квт. Этой энергии достаточно, чтобы обеспечить выполнение многих космических задач, однако недостаточно для такого сокращения продолжительности космических полетов, чтобы сделать досягаемой всю Солнечную систему.

Новая техника, использующая ядерную энергию, в настоящее время разрабатывается. Однако это трудный и в известном смысле опасный метод. Поэтому следует искать другие источники энергии.

Космическая плазма в окрестности Земли содержит большое количество энергии, которую можно извлечь. Известно, что в магни-

тосфере существуют перепады напряжений порядка нескольких тысяч вольт, и можно разработать методы получения этой энергии. Солнечный ветер также содержит большие запасы энергии, которую можно использовать. Это следует из того, что магнитосфера получает не менее 10^{12} вт от солнечного ветра, что составляет 0,1 милливатта на 1 м^2 . Мы должны искать пути моделирования (повторения этих процессов) и извлечения энергии из солнечного ветра. В принципе энергия, полученная от солнечного ветра, может сообщить космическому кораблю скорость того же порядка, что и скорость самого солнечного ветра. Мы можем «плыть под напором солнечного ветра». При этом время, требуемое для космических полетов сократится на два порядка. Однако мы еще далеки от этой цели.

ЧЕЛОВЕК В КОСМОСЕ

Техника — не вещь в себе. Она выступает как отрицательный фактор, если применяется для разрушения. Позитивный фактор она представляет только в том случае, когда используется для достижения полезных целей. В чем польза космической техники? Один ответ очевиден: изучение окружающего нас космического пространства так же важно, как было важно исследование полярных областей во времена Ломоносова и повторное открытие Америки во времена Колумба.

Немало дискуссий велось по поводу того, следует ли выполнять космические исследования с помощью автоматических аппаратов, управляемых с Земли, или с помощью запуска человека в космос и высадки его на Луну и другие небесные тела. Две главные космические державы избрали оба эти пути, перенося временами центр тяжести на тот или иной из них.

Важны как пилотируемые, так и автоматические полеты. Автоматические полеты получили замечательное развитие и, несомненно, разовьются еще больше. Иногда говорят, что автоматический аппарат может заменить космонавта, и тогда совсем не надо думать о необходимости обеспечения жизни людей в космическом пространстве. В то же время, с развитием техники космических полетов и космической медицины чрезвычайные усилия, необходимые сейчас для посылки человека в космос, станут относительно небольшими. А человек в выполнении наблюдений, конечно, намного превосходит автоматические аппараты.

Если бы единственной целью космических полетов были научные наблюдения, то, по мо-

ему мнению, выбор между пилотируемой и непилотируемой техникой был бы затруднителен. Однако деятельность в космосе имеет множество других аспектов. Основная ее цель — обязательное ознакомление людей со всеми новыми возможностями, открывающимися в космическом пространстве. Рано или поздно человек адаптируется к космосу настолько, что сможет оставаться там в течение очень продолжительного времени, может быть, даже создавать небольшие колонии или в космическом пространстве, или на поверхности небесных тел. Жизнь, возникшая на Земле, начинает теперь распространяться за ее пределы. Когда человек почувствует себя в космосе как дома, он сделает там новые открытия. Однако он будет не только наблюдать, но и экспериментировать, изобретать новые технические методы и взглянет на Вселенную и на самого себя новыми глазами. Как для ученых, так и для всех остальных людей это должно быть наиболее важным вопросом космического века.

КОСМИЧЕСКАЯ НАУКА

В области физики космические исследования ознаменовали наступление новой эры. Около 1900 г. спектроскопия открыла атомную физику. Через 30 лет циклотрон создал физику ядра. Еще 30 лет спустя спутник ознаменовал возникновение новой области науки — исследование космического пространства. Сейчас представляется, что эта область будет наиболее активной частью физики на протяжении последней трети нашего столетия. Центр тяжести в науке постоянно перемещается, однако всегда есть группы ученых, которые считают, что наиболее активное научное направление их молодости всегда таким и останется.

В первое десятилетие космических исследований внимание было сконцентрировано в основном на изучении околоземного пространства. Выяснилось, что оно не является пустотой и бесструктурной областью, как это думали раньше, а наполнено различной по своим физическим свойствам плазмой, пронизано электрическими токами и магнитными полями. Полученные знания стали основой для общего понимания космической плазмы. Это, в свою очередь, будет важно для изучения структуры Галактики и Метагалактики, а также для решения космологических проблем в целом, потому что новые знания в области космической электродинамики дадут нам возможность подойти к этим проблемам с менее умозритель-

ных позиций, чем в настоящее время. Мы еще не поняли до конца, к каким коренным изменениям в существующих взглядах на некоторые галактические явления это приведет.

Второе десятилетие космических исследований носит иной характер. Поскольку некоторые основные проблемы магнитосферы межпланетного пространства все еще остаются нерешенными, можно быть уверенным, что они будут по-прежнему привлекать большое внимание. Тем не менее высадки людей на Луне и полеты космических аппаратов, достигших Венеры и Марса, дали нам столь большое количество новых научных фактов, что центр тяжести космических исследований начал смещаться в сторону интенсивного изучения Луны и планет.

До сих пор это походило на изучение полярных областей и других недоступных районов Земли: проводилось подробное картографирование в сочетании с геологическими, сейсмическими, магнитными и гравитационными съемками, а также исследование атмосферных условий. Однако при изучении Луны и планет перед учеными неизбежно возникает иная проблема, а именно — выяснение происхождения этих небесных тел. Многие из последних научных работ по исследованию космического пространства заканчиваются гипотезами по поводу возникновения и эволюции Солнечной системы. По-видимому, это останется одной из основных проблем, а может быть, центральной проблемой, на которой сосредоточатся космические исследования ближайшего будущего.

ВОПРОСЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Астрофизика базируется в основном на применении законов природы, открытых в лаборатории, к космическим явлениям. Из этого следует, что какая-либо частная область астрофизики оказывается не созревшей для научного подхода до тех пор, пока лабораторная физика не достигнет определенного уровня развития. Например, до появления ядерной физики все попытки понять, каким образом звезды выделяют энергию, не могли быть ничем иным, как умозаключениями, не имеющими существенной и устойчивой ценности.

Происхождение Солнечной системы пытались объяснить различными, весьма противоречивыми гипотезами. Причина заключалась в недостатке фундаментальных знаний в неко-

торых важных областях физики и химии, что затрудняло выбор действительно важных с точки зрения возникновения и эволюции Солнечной системы процессов.

В прошлом слишком много внимания уделялось образованию планет Солнечной системы и, к сожалению, многие теории происхождения Солнечной системы связывались с теориями ранней истории Солнца. Это в высшей степени ненадежная основа, поскольку проблема формирования Солнца (и других звезд) крайне противоречива. Принимая во внимание, что системы спутников Юпитера, Сатурна и Урана очень схожи с нашей планетной системой и, по крайней мере, столь же типичны, как и наша система, представляется более целесообразным направить усилия на разработку общей теории формирования вторичных тел вокруг центрального тела, рассматривая формирование планетной системы всего лишь как частный случай применения подобной общей теории.

Как более или менее признано в настоящее время, последовательность событий, ведущих к формированию Солнечной системы, была такова, что первичный газ и, возможно, пыль (причем газ по необходимости частично ионизованный) собирались в определенных областях вокруг центрального тела и конденсировались в небольшие твердые гранулы. Вследствие аккреции из них образовались так называемые зародыши планет, которые затем превращались в более крупные тела: планеты, если центральным телом было Солнце, и спутники, если центральным телом была планета. Астероиды раньше часто рассматривались как обломки разбитой планеты. Сейчас, однако, все больше доводов высказывается в пользу того, что они представляют собой промежуточную стадию в формировании планет или, по крайней мере, похожи на нее. Объяснение этих двух положений станет важным элементом нашего понимания эволюции Солнечной системы.

Какие же космические полеты особенно ценны для изучения происхождения Солнечной системы?

Современные измерения частиц и полей в магнитосфере и межпланетном пространстве увеличили объем наших знаний о космической плазме. Более того, удары метеорных частиц по космическим кораблям дают нам информацию об очень малых телах в околоземном пространстве. А эта информация поможет понять, из какого материала когда-то образовались наши планеты. Особенно многообещающе изучение ударов метеорных тел о по-

верхность Луны, Марса и его спутников. Подобные исследования автоматически вносят свой вклад в накопление знаний, необходимых для решения проблемы образования Солнечной системы. Но хотя это и важно, существует ряд проблем, которые можно решить только путем целенаправленных исследований.

Считается, что после высадки на Луну наибольшее значение приобрели полеты к Венере, Марсу и другим планетам. Однако полеты к астероидам и кометам, а также спутникам будут столь же интересны и принесут с научной точки зрения такую же пользу. Нет причин относиться с пренебрежением к малым небесным телам. Существующая в настоящее время

точка зрения, по-видимому, гласит, что интерес к небесному телу в космическом пространстве пропорционален его размеру. Тем не менее для понимания эволюции Солнечной системы малые тела необычайно важны. Поскольку некоторые астероиды — самые близкие соседи системы Земля—Луна, а гравитационные поля их невелики, то подобные полеты будут проще и с технической точки зрения.

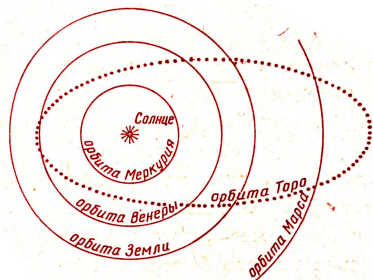
Я попытался обрисовать перспективы исследований, важных для выяснения ранней истории Солнечной системы. Проводя эти исследования, мы сможем со временем понять, каким образом структура нашей части Вселенной оказалась такой, что мы можем в ней жить.



ДВИЖЕНИЕ ТОРО

На страницах «Земли и Вселенной» (№ 2, 1972 г.) уже сообщалось о предстоящем в августе этого года сближении Торо с Землей. Этот удивительный астероид зарегистрирован в каталогах под номером 1685. Движение Торо изучено довольно хорошо. В перигелии он приближается к орбите Венеры, в афелии уходит примерно на 0,5 а. е. за орбиту Марса.

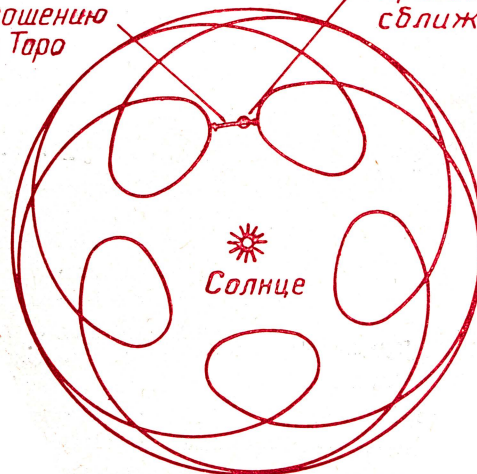
Расчеты, проведенные Л. Даниельсоном и В. Ипом на ЭВМ, показали, что на протяжении последних 200 лет Торо двигался так, что 5-кратный период обращения астероида вокруг Солнца составил почти 8 лет, т. е. совпадал с 8-кратным периодом обращения Земли.



Орбита Торо в Солнечной системе. Плоскость орбиты совмещена с плоскостью эклиптики

Возможное положение Земли по отношению к пути Торо

Положение Земли при одном из сближений с Торо



Петли, описываемые Торо в системе координат, вращающейся вместе с Землей

В системе координат, вращающейся вместе с Землей, путь Торо представляет собой повторяющуюся каждые 8 лет систему из пяти петель. Земля находится между двумя из них и никогда не попадает внутрь петель. Если бы на Торо не действовали возмущения со стороны планет, то Земля по отношению к петлям занимала бы постоянное положение. Из-за возмущений орбита Торо слегка колеблется около среднего положения (с периодом 164 года) и расстояние Земли от петель меняется. Вместе с этим

слегка меняется расстояние, на котором Торо со скоростью около 45 км/сек периодически пролетает мимо Земли. Это расстояние никогда не бывает меньше 0,13 а. е. (около 20 млн. км).

Пока не ясно, давно ли существует и долго ли будет сохраняться современная орбита Торо. Известно, однако, что в ближайшие два столетия характер движения Торо не изменится.

А. Н. СИМОНЕНКО

кандидат физико-математических наук

В. С. САФРОНОВ

доктор физико-математических наук

Развитие

теории

Шмидта

Теория Шмидта о происхождении Земли способна предложить и предлагает сейчас геофизике, геохимии и геологии новые идеи, важные для изучения ранней эволюции Земли и заслуживающие глубокой разработки.

Сокращенный текст доклада, прочитанного на заседании ученого совета Института физики Земли АН СССР. Заседание было посвящено 80-летию со дня рождения академика О. Ю. Шмидта.

До О. Ю. Шмидта планетная космогония рассматривалась как чисто астрономическая проблема. Фактические данные, на которые она опиралась, ограничивались в основном закономерностями движений планет и их состава (средние плотности планет, состав атмосфер). О. Ю. Шмидт показал, что планетная космогония — комплексная астрономо-геолого-геофизическая проблема и должна опираться на данные не только астрономии, но и всех наук о Земле. Это был методологически очень важный шаг, подводивший под космогонию надежную базу обширных фактических данных.

О. Ю. Шмидт разделил проблему планетной космогонии на три части и в каждой из них предложил свою главную идею. Первая часть проблемы — происхождение околосолнечного допланетного облака (туманности) — должна решаться вместе с астрономами. Вторая часть — образование в облаке планет — полностью относится к планетной космогонии и является ее центральной задачей. Третья часть — эволюция планет, в первую очередь Земли. Нужно вывести геофизические, геохимические и геологические следствия теории образования планет и связать космогонию с фактическими данными наук о Земле. Эта часть должна решаться совместно с геофизиками, геологами, геохимиками. Наиболее важные результаты были получены по второй и третьей частям проблемы. Они составляют основное содержание **теории Шмидта**. Для решения первой части проблемы фактических данных было слишком мало, и высказанные здесь соображения получили название **гипотезы Шмидта**.

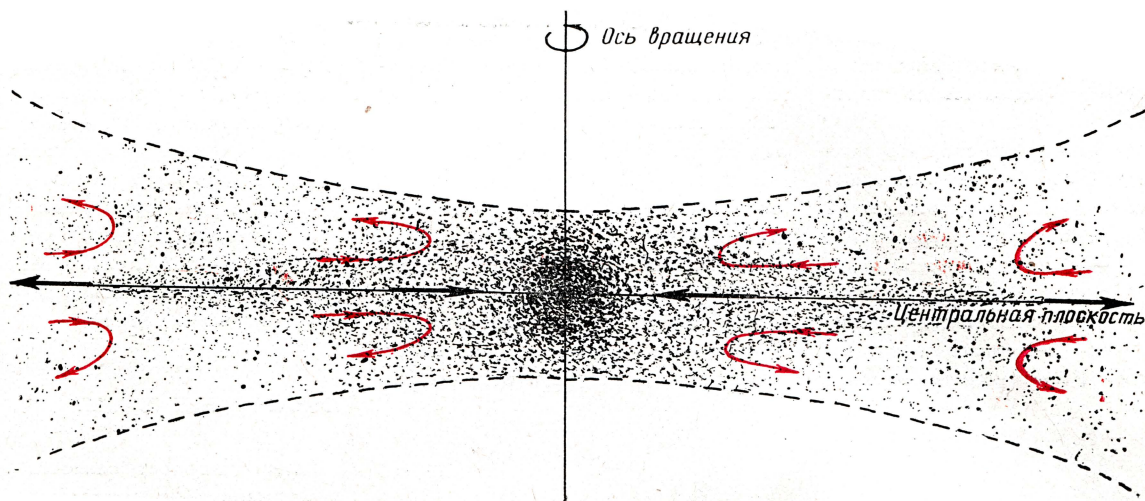
ПРОИСХОЖДЕНИЕ ДОПЛАНЕТНОГО ОБЛАКА

Одну из наибольших трудностей для космогонических теорий представляет аномальное распределение момента количества движения в Солнечной системе. Масса Солнца в 750 раз больше массы всех планет. Между тем на долю Солнца почему-то приходится лишь 2% момента коли-

чества движения, а на долю планет — 98%. Чтобы избежать этой трудности, О. Ю. Шмидт предложил гипотезу о захвате вещества допланетного облака Солнцем во время его встречи с пылевой или метеоритной темной туманностью. Ясно, что вещество, захваченное на большом расстоянии от Солнца, имело также и большой момент количества движения. Эта гипотеза вызвала много споров. Она привела к интересному и важному результату в небесной механике: была доказана ошибочность теоремы Шази, утверждавшей невозможность захвата в системе трех гравитирующих тел с положительной полной энергией. Но в космогонии гипотеза широкого распространения не получила. Различные авторы предложили несколько разных способов захвата. Но ни один из них не объясняет, почему направление вращения Солнца почти точно совпадает с направлением обращения планет.

Несмотря на скептическое отношение астрономов к гипотезе захвата, в противовес ей ничего конкретного не было предложено. Гипотезы совместного образования Солнца и планет из единой туманности появились лишь в 60-х годах, через несколько лет после смерти О. Ю. Шмидта (Ф. Хойл, 1960 г.; А. Камерон, 1963 г., 1968 г.; Э. Шацман, 1967 г.). Их отличие от прежних канто-лапласовских представлений состоит в том, что существенная роль стала отводиться электромагнитным силам.

По гипотезе Хойла, сжимающаяся солнечная туманность с самого начала передала большую часть своего вращательного момента окружающим межзвездным облакам, будучи связанной с ними общегалактическим магнитным полем. Поэтому ротационная неустойчивость и отделение кольца (диска) на экваторе произошли, когда туманность сжалась до размеров орбиты Меркурия. В результате магнитного сцепления с кольцом более быстро вращающееся центральное сгущение отдавало свой момент количества движения кольцу и продолжало сжиматься, пока из него не сформировалось Солнце. Кольцо, приобретая момент вращения,



Солнечная туманность после стадии быстрого сжатия (модель Камерона). Масса туманности равна двум солнечным. Одна половина туманности сжимается к центру, образуя Солнце, другая — рассеивается. Планеты формируются из сконденсировавшихся пылевых частиц. Красными стрелками показаны циркуляционные течения

расширилось, и его вещество распространилось на всю Солнечную систему, образовав допланетное облако. Масса облака составляла лишь сотую долю массы Солнца—ровно столько, сколько нужно, чтобы разбавить современные планеты водородом и гелием для доведения их до солнечного состава.

Однако Хойл не учел, что планеты-гиганты в процессе аккумуляции выбрасывали тела из Солнечной системы, поэтому принятая им масса облака в несколько раз меньше необходимой. Гипотеза Хойла не объясняет, как момент количества движения передавался от внутреннего края облака в его наружные части*. Возможность переноса газом твердого вещества, из которого затем должны были образоваться планеты, не подтвердилась расчетами**. Эти серьезные недостатки гипотезы Хойла побудили исследователей к поискам других моделей солнечной туманности.

* Б. Ю. Левин. Вопросы планетной космогонии наших дней. «Земля и Вселенная», № 6, 1967 г.

** В. С. Сафронов. Эволюция допланетного облака и образование Земли и планет. «Наука», 1969 г.

В гипотезе Камерона начальная масса туманности по крайней мере вдвое больше массы Солнца, а ее начальный вращательный момент много больше, чем принимает Хойл. Быстро сжимаясь, туманность образовала тонкий плоский диск без массивного центрального сгущения. После остывания туманности ниже 2000°K в ней сконденсировались твердые частицы и диск стал непрозрачным. В нем началась конвекция в направлении, перпендикулярном центральной плоскости диска, которая породила турбулентные движения в радиальном направлении. Камерон предположил, что вследствие большой вязкости (турбулентной) во вращающемся диске началась эффективная передача момента количества движения наружу. В результате около половины массы туманности собралось к центру, образовав Солнце, и около половины было выброшено за пределы Солнечной системы.

Однако конвекция и, следовательно, обусловленная ею турбулентность затухают из-за остывания туманности раньше, чем в ней успевает произойти существенный перенос вещества. Наши оценки показали, что за время

остывания туманности переносится в радиальном направлении не более 1% ее массы. Теперь Камерон предполагает, что в туманности должны возникать циркуляционные течения, которые эффективно передавали момент количества движения изнутри наружу. Но количественные расчеты такого переноса очень сложны и никем не производились.

Согласно гипотезе Шацмана, туманность с самого начала находилась в состоянии конвективно-турбулентного перемешивания. Вращение туманности сохранялось однородным, и сжималась она относительно медленно. Истечение вещества с экватора в допланетный диск происходило постепенно, начиная от орбиты Плутона и кончая орбитой Меркурия. Полная масса диска составляла лишь десятую долю массы Солнца, так что масса всей туманности только на 10% превышала современную солнечную. На последней стадии сжатия протосолнце обладало высокой активностью и выбрасывало в пространство потоки заряженных частиц. Частицы двигались вдоль магнитных силовых линий, сохраняя до больших расстояний угловую скорость вращения протосолнца.

ца. Таким путем Солнце потеряло свой момент количества движения и его вращение замедлилось до современного.

Недавно было выяснено, что конвективно-турбулентное перемешивание вещества могло происходить лишь в наружной части сжимавшейся туманности — в слое, толщиной в одну треть радиуса туманности. Во внутренней части однородного вращения не было, и она сжималась значительно быстрее. Шацман считает, что его

прежнее качественное описание эволюции однородно вращающейся туманности годится и в этом случае, но количественных расчетов новой, более сложной модели еще нет.

В апреле 1972 г. в Ницце состоялся Международный симпозиум по происхождению Солнечной системы, на котором космогонические модели подверглись всестороннему критическому обсуждению. В адрес гипотезы Камерона был высказан ряд серьезных замечаний не только по поводу

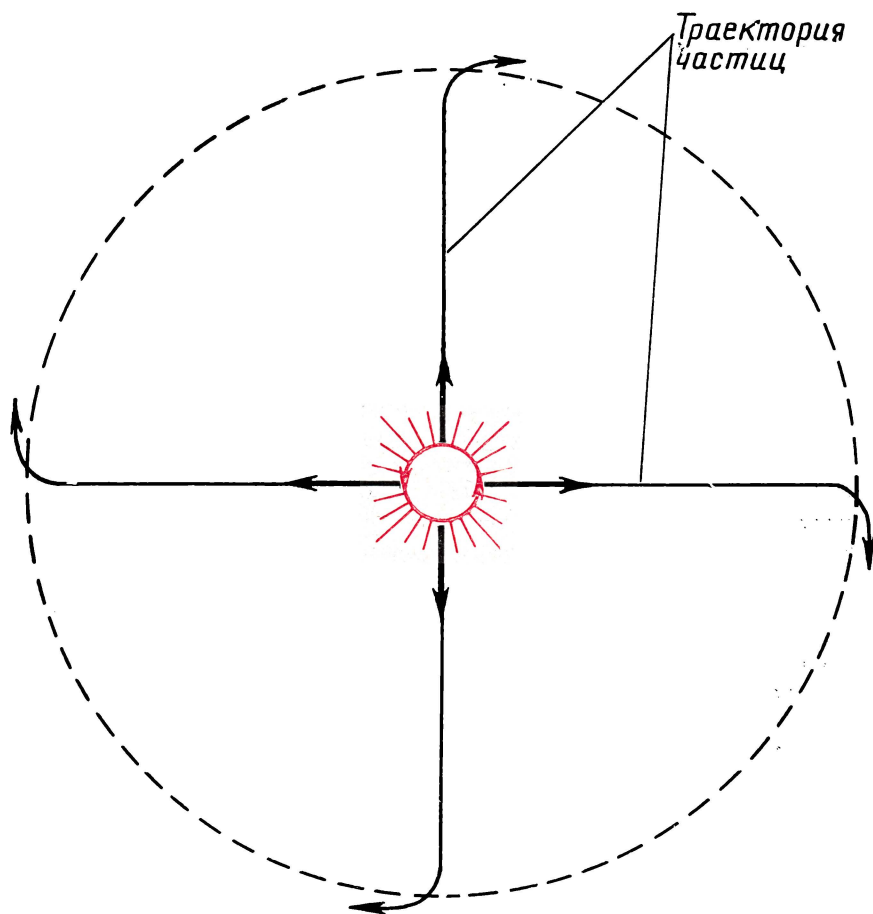
механизма переноса вещества и образования Солнца в туманности, но и в отношении самого процесса аккумуляции планет. По мнению автора этой статьи, который участвовал в работе симпозиума, в настоящее время следует отдать предпочтение моделям солнечной туманности с массой, лишь на 10—15% превышающей солнечную (как у Шацмана), а не вдвое, как в модели Камерона.

ОБРАЗОВАНИЕ ПЛАНЕТ

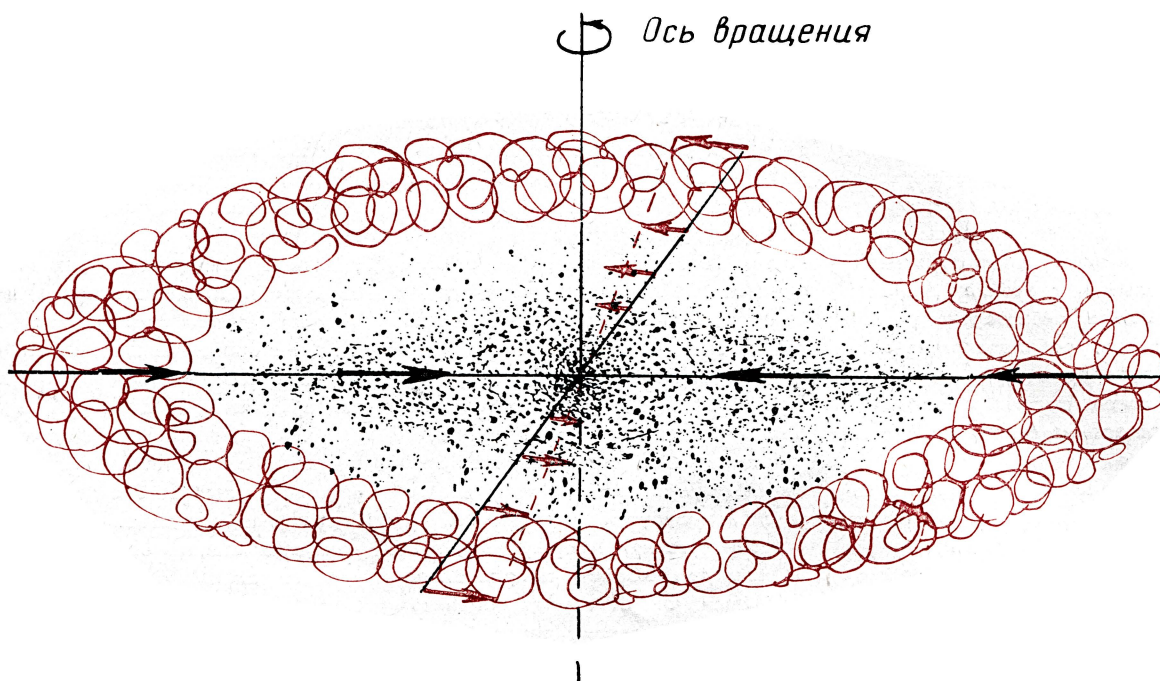
Ввиду неопределенности наших представлений о происхождении допланетного облака большое значение имел вывод О. Ю. Шмидта об относительной независимости второй части проблемы (образование планет) от первой (происхождение облака): «...центральная задача может быть поставлена и решена до некоторой степени независимо от решения первой задачи... Эта относительная независимость очень важна. Дело в том, что чем дальше мы удаляемся в прошлое, в глубь времен, тем меньше фактов в нашем распоряжении, тем менее уверенны могут быть наши суждения, тем больше в них гипотетического». Конечно, эта независимость лишь относительна. Неопределенность в решении первой части проблемы не позволяет получить ответ на некоторые актуальные вопросы, например, связанные с химическим составом Земли.

И все же в методологическом отношении это разделение имело большое значение — оно позволило начать разработку теории образования планет в окосолнечном допланетном облаке, не дожидаясь решения проблемы его происхождения. Поэтому исследования эволюции допланетного облака и процесса формирования планет, проведенные в Институте физики Земли АН СССР, значительно опередили зарубежные исследования.

* О. Ю. Ш м и д т. Четыре лекции о теории происхождения Земли. Изд. 3-е, Изд-во АН СССР, М., 1957 г., стр. 28.



Замедление вращения Солнца, согласно гипотезе Шацмана. Заряженные частицы, выброшенные Солнцем, движутся вдоль его магнитных силовых линий с угловой скоростью вращения Солнца до расстояния много большего, чем радиус светила. За это время они получают значительный момент количества движения, тормозя вращение Солнца. Траектории частиц показаны в системе координат, вращающейся вместе с Солнцем.



Солнечная туманность на стадии сжатия (модель Шапмана). Масса туманности составляет 1,1 солнечной. Красной изображена конвективно-турбулентная зона с однородным вращением

В основе теории О. Ю. Шмидта лежит исключительно важная идея образования планет путем объединения твердых тел и частиц. Эта идея совершила революцию в планетной космогонии, поскольку в течение длительного времени в ней господствовали представления о формировании планет из газовых сгустков. Сначала решение О. Ю. Шмидта повернуть космогонию на этот путь определялось во многом его богатой интуицией. Огненно-жидкое первичное состояние Земли, образовавшейся из газового сгустка, не могло бы привести к современной тектонической активности. Постепенно появились новые убедительные доводы против гипотез образования планет из газа. Стало ясно, что они не могут объяснить химический состав планет земной группы, в частности большой дефицит инертных газов на Земле, деление планет на две группы, возникновение у планет спутников. Рассмотрев процесс объединения твердых тел

в планеты, О. Ю. Шмидт дал объяснение основным закономерностям планетной системы. Он вывел важную формулу, позволяющую оценить скорость роста Земли. В схему образования Земли, по теории О. Ю. Шмидта, естественно вписывается также и схема образования Луны из околоземного роя тел, разрабатываемая Е. Л. Рускол.

В 1951 г. известный американский ученый, лауреат Нобелевской премии Г. Юри на основании физико-химических исследований структуры и состава метеоритов пришел независимо от О. Ю. Шмидта к тому же принципиальному выводу об аккумуляции планет из твердых тел. В настоящее время все специалисты придерживаются этой точки зрения.

Как мы уже упоминали, О. Ю. Шмидт показал, что планетная космогония должна опираться на астрономию и науки о Земле. Юри привлек к космогонии новый богатый источник фактических данных — физико-

химические исследования метеоритов. Большое значение всестороннего исследования астероидов и метеоритов для космогонии подчеркивал В. Г. Фесенков. Начатое в 60-х годах изучение ядерной эволюции допланетного вещества, а затем прямые исследования Луны и планет с помощью космических аппаратов еще более расширили и укрепили наблюдательную базу планетной космогонии.

НАЧАЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРА ЗЕМЛИ

Третью часть проблемы планетной космогонии (эволюция планет от начального состояния до современного) О. Ю. Шмидт рассматривал, исходя из идеи об относительно холодном начальном состоянии Земли и ее последующем разогреве радиоактивными элементами. В то время в науках о Земле общепринятой была гипотеза о первоначально горячей рас-

плавленной Земле, которая, казалось бы, подтверждалась всеми данными геологии. Только академик В. И. Вернадский смог освободиться от этих взглядов.

Идея О. Ю. Шмидта о первоначально холодной Земле переворачивала укоренившиеся представления об эволюции нашей планеты и имела исключительное значение для всех наук о Земле. Некоторые ученые сразу поняли ее перспективность, другие, наоборот, считали ее подрывом всех основ геологии и геофизики и лишь постепенно склонялись к этой точке зрения.

Высказанная О. Ю. Шмидтом в самом общем виде эта идея качественно была верна. Но она нуждалась в дальнейшем развитии. Для воссоздания термической истории Земли нужно знать не только среднюю начальную температуру Земли, но и ее распределение по глубине. Необходимо были количественные оценки.

Если бы вся гравитационная энергия Земли выделялась при ее образовании в виде тепла и осталась в недрах, то Земля нагрелась бы до $40\,000^\circ\text{K}$. В действительности доля энергии, оставшаяся в недрах, должна существенно зависеть от способа образования Земли. При медленном сжатии газового сгустка половина энергии излучается в пространство, а половина идет на нагревание самого сгустка. На этом и основывались прежние представления о первоначально горячей Земле. Значительно больше энергии излучается при образовании планеты путем объединения твердого вещества: на нагревание идет лишь 3—5% всей выделившейся энергии. Это осложняет оценку начальной температуры Земли.

Основным источником нагревания растущей Земли были удары формировавших ее тел и частиц. В центральных областях существенным дополнительным источником тепла было сжатие вещества под нарастающим давлением прибавляющихся сверху слоев. Это нагревание, впервые исследованное Е. А. Любимовой, пропорционально температуре сжимаемого вещества. В центральной области Земли в результате сжатия тем-

пература должна была увеличиться приблизительно вдвое. Еще один источник — радиоактивное тепло растущей Земли — был незначительным: за время роста планеты радиоактивный нагрев центральной области составил около $100\text{--}200^\circ$.

Нагревание Земли ударами тел было тем больше, чем быстрее она росла (меньше успевала излучить) и чем толще слой, в котором освобождалась энергия ударов. Первые расчеты делались в предположении, что Земля росла за счет малых тел и частиц и что энергия их ударов выделялась на поверхности растущей Земли. «Малыми» можно считать все тела с поперечником менее 10 км.

Автор уточнил формулу О. Ю. Шмидта для скорости прироста массы Земли. О. Ю. Шмидт оценивал частоту столкновения тел с Землей без учета ее тяготения. В действительности частота столкновений была на порядок больше, так как вследствие тяготения траектории тел сильно искривлялись, приближаясь к Земле. Степень гравитационной фокусировки орбит зависела от относительных скоростей допланетных тел. Средние относительные скорости тел удалось определить из сравнения энергии беспорядочного движения, приобретавшейся в результате гравитационных возмущений, и энергии, терявшейся при столкновениях тел. Оказалось, что эти скорости составляли около одной трети параболической скорости на поверхности самого большого тела — растущей планеты — и, следовательно, увеличивались по мере ее роста. В результате было вычислено время роста Земли: за 100 млн лет она приобрела 98% своей массы.

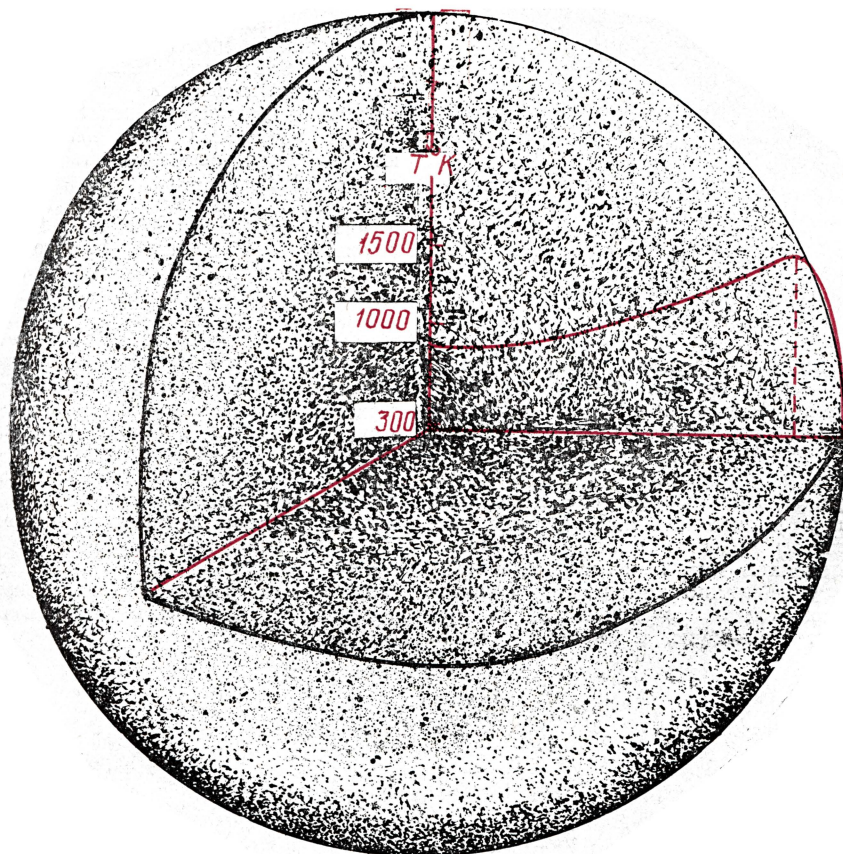
По найденной скорости роста Земли и в предположении, что допланетные тела были малы и энергия их ударов освобождалась на поверхности Земли, была оценена первоначальная температура Земли. Она оказалась весьма низкой: $800\text{--}900^\circ\text{K}$ в центре Земли и около 300°K вблизи поверхности.

Однако в дальнейшем стала выясняться значительная роль крупных тел в формировании планет. Идея об-

разования планет путем объединения твердых тел позволила дать естественное объяснение наклонов осей вращения планет. Было показано, что наклоны связаны со случайным характером ударов отдельных тел. При падении большого числа малых тел приобретаемые планетой случайные направленные вращательные моменты осредняются (погашаются) и она получает регулярное (прямое) вращение с малым наклоном оси. При падении небольшого числа крупных тел суммарный момент подвержен значительным флуктуациям, что выражается в заметном наклоне оси вращения планеты. Это дает возможность по наблюдаемому наклону оси вращения планеты оценить массы падавших тел. В 1965 г. такая оценка была сделана автором. Оказалось, что массы наибольших тел, падавших на Землю, достигали тысячной доли ее массы, а их радиусы — нескольких сот километров.

Изучение процесса аккумуляции, проведенное в Институте физики Земли, показало, что значительная часть массы, приобретенная Землей, должна была принадлежать крупным телам.

Падение крупных тел оказало существенное влияние на начальное состояние Земли. Оценить начальную температуру в этом случае значительно сложнее. Энергия, освобождавшаяся при ударах, выделялась в слое толщиной порядка поперечника упавшего тела, т. е. до 1000 км. Молекулярная и лучистая теплопроводность не успевала вынести к поверхности это тепло. Но удары тел, нагревавшие растущую Землю, создавали кратеры и интенсивно перемешивали вещество, способствуя эффективному выносу тепла вверх. Весьма предварительные оценки показали, что наибольшая начальная температура была в верхней мантии, на глубине около 300—500 км, и достигала 1500°K . Средняя же температура всей Земли лишь немного превышала 1000°K . Более надежные результаты будут получены, когда в теории удара и кратерообразования удастся учесть роль поля силы тяжести при падении очень крупных тел.



Начальная температура Земли. Максимальное значение около 1500°K достигалось в верхней мантии на глубине 300—500 км

Некоторые зарубежные ученые (А. Рингвуд, 1966 г.; Т. Хэнкс и Д. Андерсон, 1969 г.), пытаясь объяснить образование в Земле железного ядра, произвольно уменьшают время ее формирования до 10^5 — 10^6 лет. При столь быстрой аккумуляции Земля расплавилась бы уже в процессе роста и все имевшееся в ней железо опустилось бы к центру. Однако изучение динамики допланетного роя тел и процесса аккумуляции показывает, что время роста Земли не является свободным параметром, который можно выбирать по желанию. Согласно нашим оценкам, оно не может

быть значительно меньше 10^8 лет. Поэтому гипотезы, основанные на более быстрой аккумуляции Земли, неприемлемы.

Падение крупных тел при формировании Земли привело к возникновению начальных неоднородностей в ее мантии. О химических неоднородностях, вызванных различием состава отдельных тел, пока мало что можно сказать определенного, но температурные неоднородности, несомненно, должны были возникнуть. Области падения немногих самых больших тел (до 1000 км в поперечнике) получили дополнительное на-

гревание в сотни градусов, особенно сильное в их центральной части. Уже на первом миллиарде лет существования Земли эти области разогрелись радиоактивным теплом до температуры плавления. Раньше всего это произошло на небольших глубинах (около 300 км), где температура плавления значительно ниже, чем в глубоких частях Земли. Именно здесь раньше всего начались процессы, связанные с частичным расплавлением вещества и с его последующей гравитационной дифференциацией. Более тяжелые вещества опускались вниз, а более легкие — поднимались вверх. Из-за большой вязкости твердого вещества над расплавленной областью и под нею двигаться сквозь это вещество могли лишь крупные включения с поперечником в несколько десятков километров. В области расплавления упругость вещества резко снижалась, и там происходило преимущественное выделение энергии лунных приливов. При дифференциации выделялось количество тепла, достаточное для ее поддержания в течение длительного времени. Естественно полагать, что именно над такими сильно нагретыми областями началось образование континентов. Таким образом, вывод теории о начальных неоднородностях мантии Земли — один из важнейших исходных пунктов при изучении эволюции Земли.

Теория О. Ю. Шмидта с честью выдержала испытание временем. Почти 30 лет, прошедшие с начала ее разработки, — достаточный срок для самой серьезной проверки. Другие гипотезы 40—50-х годов, предлагавшие существенно иное, испытания временем не выдержали.

Теория стала замечательным памятником большому, многогранному ученому и не менее большому и многогранному Человеку и Гражданину, каким был Отто Юльевич Шмидт.



ЗАГАДКА КОМПАКТНЫХ ГАЛАКТИК-СПУТНИКОВ

Вот уже несколько лет такие известные американские наблюдатели, как В. Саржент, Х. Арп, Дж. и М. Бербиджи, настойчиво обращают внимание астрофизиков на факты различия красных смещений у связанных между собой перемычками, а значит, и близких друг к другу метагалактических объектов. Причем всегда (во всяком случае, в десяти исследованных системах) большим красным смещением обладает компактный спутник. Чем же объясняются эти неожиданные для многих астрофизиков данные наблюдений?

Дж. Бербидж, Ф. Хойл и Ф. Цвикки думают, что в компактных объектах гравитационное красное смещение может значительно превышать космологическое. Следовательно, по наблюдаемому красному смещению нельзя оценивать расстояние до объекта. Распространив этот вывод на квазары — самые компактные из всех наблюдаемых объектов, — исследователи делают заключение о «локальной» природе квазаров, предполагая, что они находятся к нам гораздо ближе, чем следует из оценки расстояния по их красному смещению. Однако, если принять предположение о гравитационном красном смещении, то массы компактных спутников получаются недопустимо большими, около 10^{15} солнечных. Дело в том, что размеры спутников все же достаточно велики — порядка сотен парсек — и действие гравитации будет заметным лишь при огромных массах.

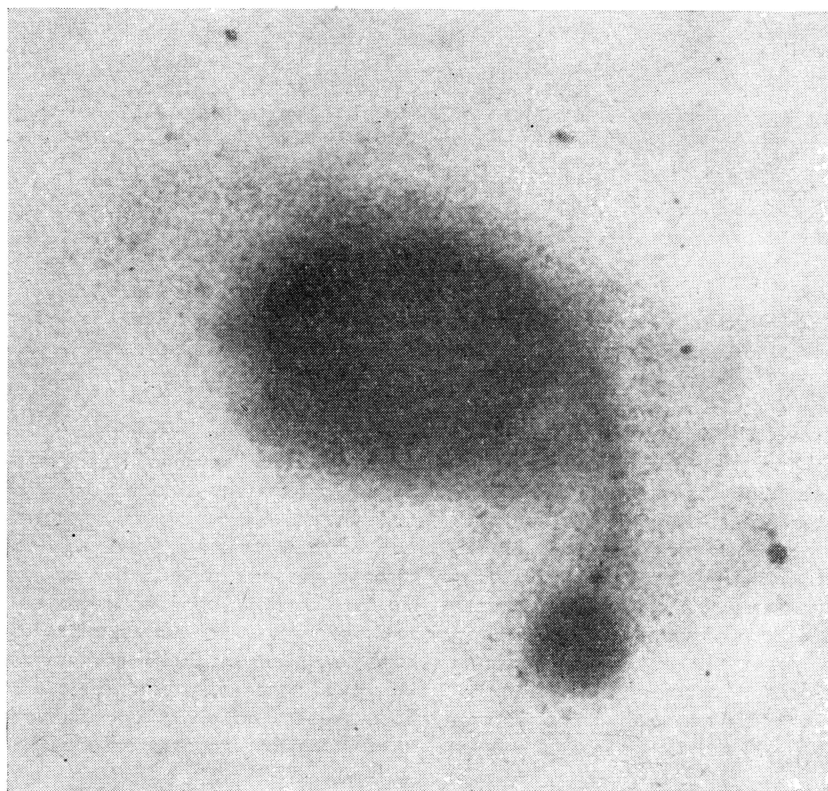
Х. Арп и другие исследователи считают, что компактные объекты выброшены из ядер галактик с огромными скоростями, до 0,3 скорости света. Так они объясняют различие красных смещений галактики и спутника. Идеи Арпа перекликаются со взглядами академика В. А. Амбарцумяна, высказанными почти 10 лет назад. Но и такое объяснение встречает ряд трудностей. Поскольку наблюдаемое красное смещение компактных объектов всегда больше, чем у галак-

тик, они должны выбрасываться только в направлении от наблюдателя. Между тем это направление ничем не отличается от других.

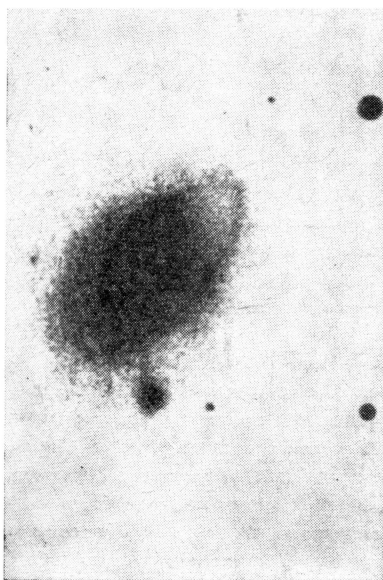
Можно, наконец, предположить, что у компактных спутников почти такое же красное смещение, как и у галактик, а наблюдаемое различие красных смещений вызвано падением газа на спутники. В этом случае линии поглощения в спектрах спутников действительно будут смещены в красную часть

спектра, а линии излучения (если есть условие для их образования) сильно расширены. При торможении падающего вещества вблизи спутника должна выделяться огромная энергия. Оценки показывают, что если интенсивность выпадения вещества — одна солнечная масса за год, то может выделяться энергия до 10^{43} эрг/сек. И этого оказывается вполне достаточно для объяснения суммарной светимости компактных спутников. Правда, не совсем ясно, откуда берется газ. Не исключено, что он перетекает на спутник из богатой газом соседней галактики. Подобное перетекание газа наблюдается, например, в тесных двойных звездах. Кстати, кинематически система галактика — спутник и тесная пара звезд очень похожи друг на друга, только размеры и массы в первом случае неизмеримо больше.

Нет сомнения, что дальнейшие спектроскопические исследования галактик с компактным спутником, у которых различны красные сме-



Эллиптическая галактика NGC 7603. На конце изогнутого рукава, идущего с периферии галактики, находится компактный спутник — сфероидальный объект диаметром около 2 кпс. Длина рукава 43 кпс. Красное смещение галактики — 0,029, спутника — 0,056



Галактика NGC 4319 с компактным спутником. Спутник и ядро галактики соединены узким, длинным, слабо светящимся мостом. Его длина около 4 кпс. Мост особенно хорошо заметен в лучах H_{α} . Красное смещение галактики равно 0,006, спутника — 0,070. Спутник (объект Маркарян 205) до сих пор считался квазаром. Однако теперь его относят к компактным объектам

нения, позволят сделать выбор между гипотезами. Но каким бы ни был ответ, уже сейчас ясно, что мы имеем дело с очень интересным и важным явлением, понимание которого углубит наши, пока еще скудные, знания о загадочном мире галактик.

Б. В. КОМБЕРГ

АКТИВНОСТЬ ЯДЕР ГАЛАКТИК — РЕЗУЛЬТАТ ЭВОЛЮЦИИ ЗВЕЗД?

Еще 10 лет назад член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский предложил гипотезу, в которой активность ядер галактик объяснялась аккрецией (падением) вещества на ее центральные области. Недавно И. С. Шкловский, исследовав природу газовых выбросов в галактике M87, конкретизировал свою гипотезу.

Гигантская эллиптическая галактика M87 в созвездии Девы самая массивная из всех известных. Ее масса около 10^{13} солнечных. У галактики наблюдаются два газовых выброса: веерообразный и контрвыброс. В веерообразном выбросе газ падает на ядро. Несколько миллионов лет назад этот газ был выброшен из экваториальной области ядра. Причем процесс выбрасывания не был длительным, ибо в противном случае мы наблюдали бы не веерообразный выброс, а равномерное распределение газа вокруг вращающегося ядра галактики.

Контрвыброс — это две более или менее параллельные полосы весьма нерегулярной структуры. Они тянутся в направлении, почти противоположном направлению выброса. Вещество в контрвыбросе удаляется от ядра. Образовался контрвыброс в результате нескольких взрывов, случившихся за последние 10 млн. лет.

В ядре галактики M87 обнаружены движущиеся газовые облака, напоминающие облака в ядрах сейфертовских галактик. В чем же причина мощных движений и выбросов из ядра галактики? По мнению И. С. Шкловского, активность ядер галактик — следствие эволюции некоторых звезд, приводящей к образованию планетарных туманностей.

Сфероидальные галактики, подобные M87, состоят из старых звезд II типа населения. На определенном этапе эволюции наружные слои этих звезд отделяются, образуя оболочку планетарной туманности, а основная часть звезды (80—85% массы) становится ядром, довольно быстро эволюционирующим в белый карлик. И. С. Шкловский полагает, что ежегодно в нашей Галактике возникает по крайней мере одна, а скорее всего, несколько планетарных туманностей. Если ее масса 0,2 солнечной, то ежегодно в Галактику должен поступать газ массой в несколько десятых солнечной. В галактику M87, которая в десятки раз массивнее нашей звездной системы, ежегодно от планетарных туманностей должны поступать примерно 3 солнечных массы газа. Какова его дальнейшая судьба?

В спиральных галактиках газ сосредотачивается в рукавах и там конденсируется в облака, а затем в звезды «старших поколений». В сфероидальных галактиках «расплывшиеся» планетарные туманности движутся к центру галактики и «застревают» там. За $3 \cdot 10^9$ лет в центре должна накопиться масса около 10^{10} солнечных. Масса же яд-

ра галактики много меньше 10^9 солнечных. Маловероятно, что газ будет конденсироваться в звезды. Если он не может ни накапливаться в центре галактики, ни конденсироваться там в «нормальные» звезды, то ему остается одно — образовать компактное вращающееся сверхмассивное плазменное тело, в котором могут происходить процессы взрывного характера, порождающие мощные выбросы вещества. По-видимому, это явление мы и наблюдаем как контрвыброс. Вероятно, некоторая часть газа в веерообразном выбросе также покидает галактику.

«Астрономический журнал», 49, 2, 1972.

НОВЫЕ СОСЕДНИЕ ГАЛАКТИКИ

В Местной системе галактик, куда входят Млечный Путь, Магеллановы Облака и туманность Андромеды, насчитывается уже 20 членов. Четыре новые, очень слабые галактики открыл недавно канадский астроном С. ван ден Берг.

Одна из четырех галактик, обозначенная And I, — вероятно, спутник туманности Андромеды. Другие (And II, III и IV) расположены достаточно близко к гигантской галактике в Андромеде и вполне могут быть ее спутниками. Однако галактика And II находится между туманностью Андромеды и спиральной галактикой в созвездии Треугольника, и пока трудно решить, с какой из них связан новый объект.

Галактики And I, II и III на фотографиях выглядят, как пятнышки с маленькой центральной конденсацией. Они очень похожи на карликовые сфероидальные галактики в созвездиях Скульптора и Печи. Если And I, II и III находятся на том же расстоянии, что и туманность Андромеды, то они имеют такую же светимость, как галактики в Скульпторе. Подобные сфероидальные системы содержат примерно 500 000 очень старых звезд.

Галактика And IV, наиболее близкая к туманности Андромеды, вряд ли относится к карликовым сфероидальным системам. Ван ден Берг предполагает, что это либо карликовая галактика фона, либо удаленное звездное облако, принадлежащее туманности Андромеды.

«Sky and Telescope», 43, 1, 1972.

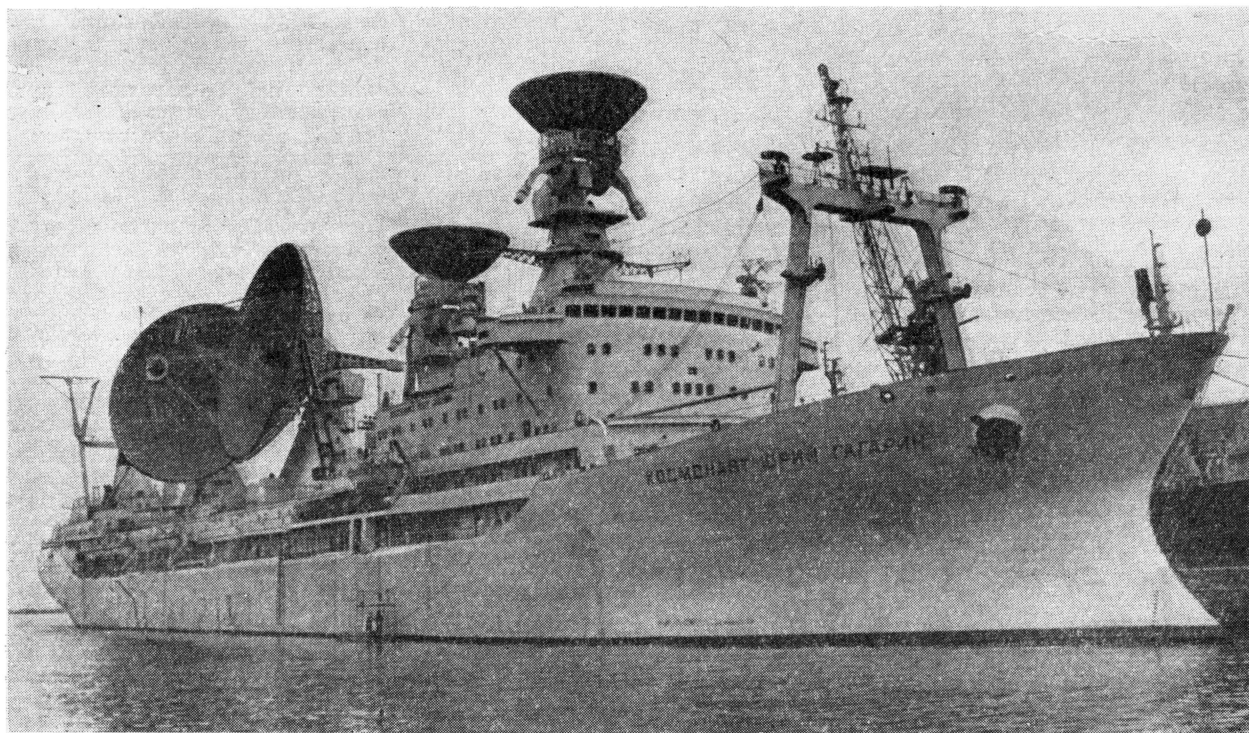
Е. М. СУЗЮМОВ
кандидат географических наук

Центр дальней космической связи в океане

В последние годы на морских и океанских трассах появились корабли, совсем не похожие на привычные океанографические суда. Но различие не только во внешнем виде. На борту новых экспедиционных судов ученые самых разных специальностей кроме традиционных исследований толщи океанских вод, атмосферы над ними и поверхности океанского дна проводят сложнейшие комплексные наблюдения верхних слоев атмосферы и космического пространства. Корабли космической службы Академии наук СССР несут вахту в океане во время полетов искусственных спутников Земли и космических объектов над океанскими акваториями,

при этом некоторые суда оснащены аппаратурой, которая позволяет корректировать полеты и даже управлять ими. Иначе говоря, они выполняют в океанах и морях те же функции, что и наземные станции слежения.

С середины 1967 г. в диспетчерских сводках о движении научно-исследовательских судов Академии наук СССР стали встречаться новые названия кораблей: «Космонавт Владимир Комаров», «Бежица», «Когостров», «Долинск», «Ристна», «Боровичи», «Невель», «Моржовец», «Акса́й». Они были построены в связи с выполнением широкой программы советских научных исследований верхних слоев

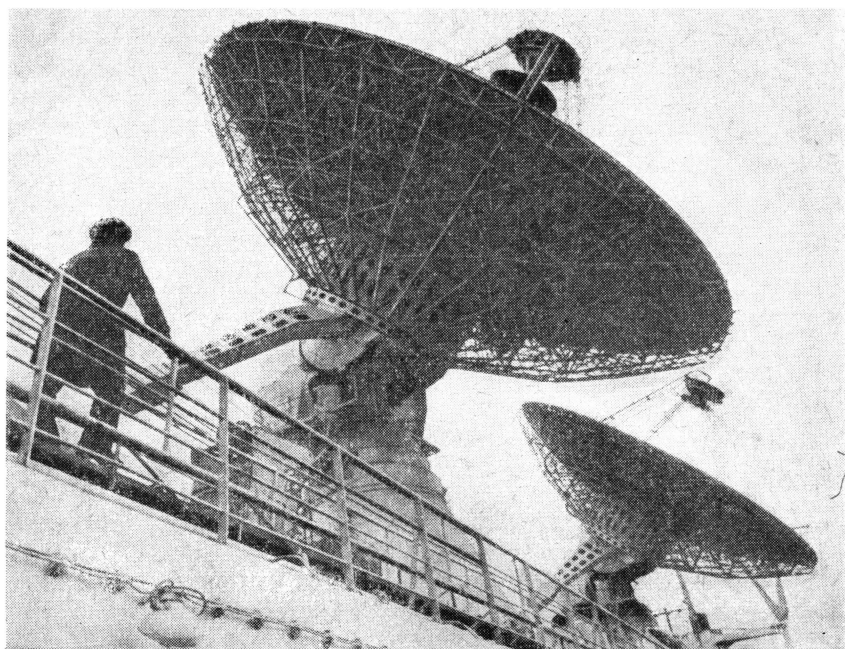


«Космонавт Юрий Гагарин». Над палубами и надстройками возвышаются четыре полусферические антенны, на мачтах установлены автоматические приборы. Несмотря на колоссальные размеры, судно очень маневренно: специальные подруливающие устройства и успокоители качки придают ему хорошую остойчивость, что дает возможность исследователям продолжать работу и в сильный шторм

атмосферы и космического пространства, объявленной ТАСС 16 марта 1962 г. А в конце 1970 г. вступил в строй еще один космический плавучий институт—судно «Академик Сергей Королев» водоизмещением 22 000 т. Меньше чем через год, в середине 1971 г., ленинградские судостроители передали ученым новый флагман океанского научного флота, названный в память первопроходца космоса «Космонавт Юрий Гагарин». После торжественного подъема флага судно перешло в порт приписки — Одессу, а в декабре начался его первый научно-исследовательский рейс в Атлантический океан.

Каковы особенности и преимущества этого корабля? Прежде всего поражают внушительные размеры. Это самое крупное в мире экспедиционное судно: длина 231 м, ширина 31 м, водоизмещение 45 000 т. Корабль можно сравнить с 11-этажным домом, так как он имеет 11 палуб, на которых расположено более 1250 научных, производственных, жилых, культурно-бытовых помещений. Все палубы связаны между собой, помимо трапов, несколькими лифтами. На борту судна 435 человек, из них 155 членов экипажа и 280 научных сотрудников—астрономы, физики, математики, инженеры, техники. Для сравнения вспомним, что прежний флагманский корабль космической службы «Космонавт Владимир Комаров» имеет длину 156 м, ширину 23 м, водоизмещение 17 580 т, а в рейсах участвуют 240 человек (115 членов экипажа и 125 человек экспедиционного состава).

Корабль «Космонавт Юрий Гагарин» можно с полным правом назвать океанским космическим центром. Его научное и техническое оснащение дает возможность вести сложные и разнообразные исследования из любого района Мирового океана. На борту корабля принимают и обрабатывают получаемую информацию с искусственных спутников Земли и космических объектов, передают ее в Центр управления, расположенный на территории Советского Союза. Строители корабля особое внимание обратили на прочность кон-

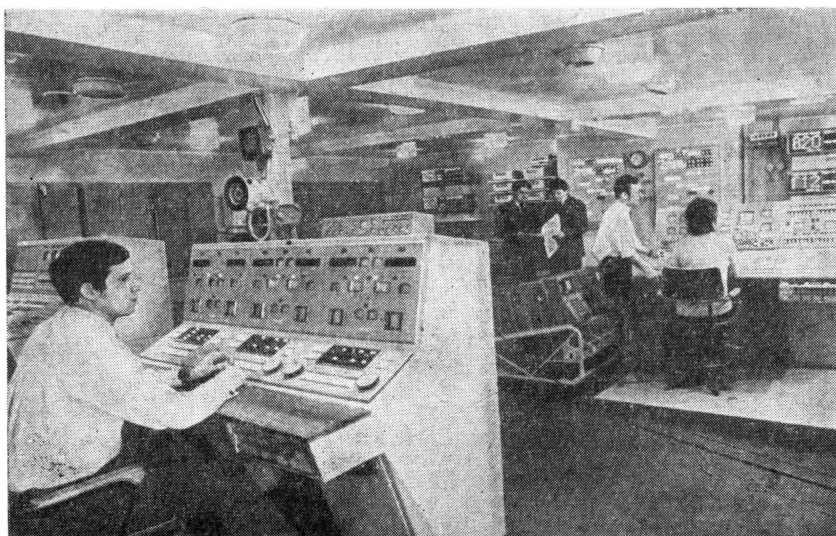


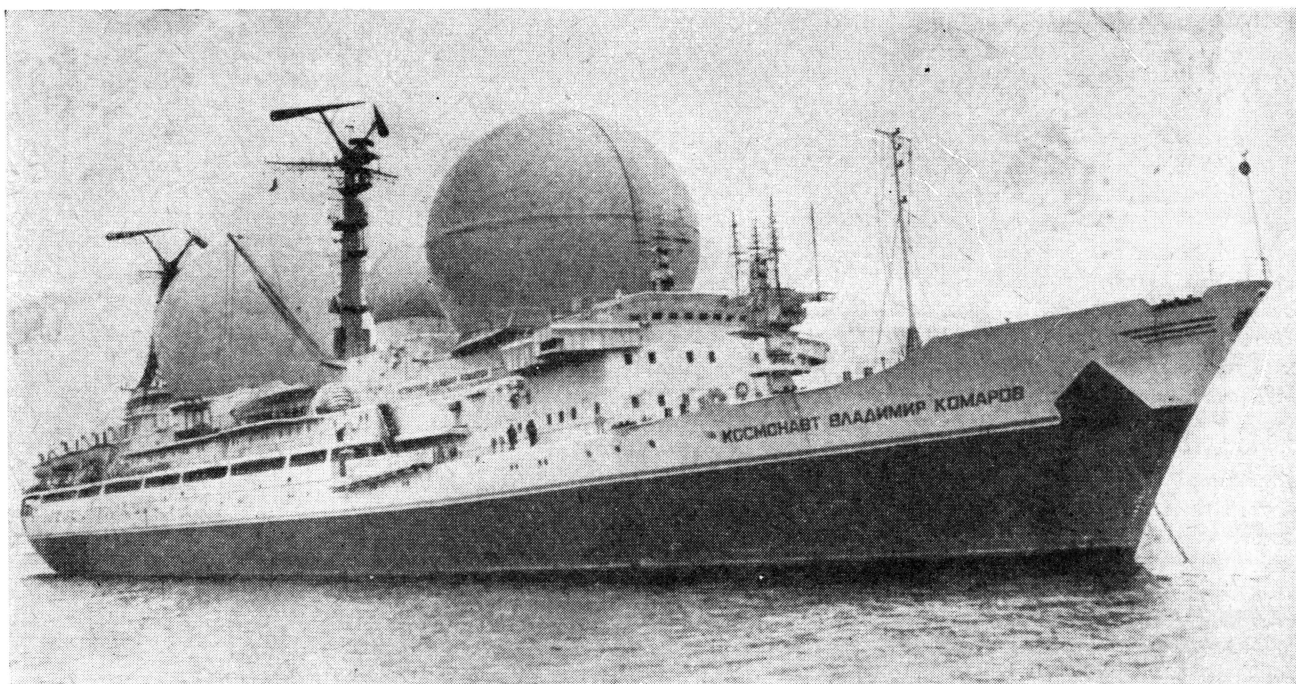
Антенны корабля «слушают» голос космоса

струкции судна и его аппаратуры. Это очень важное обстоятельство, так как флагману научного флота предстоит

долгие годы работать в самых различных климатических зонах Мирового океана: и в удушающей жаре

В лаборатории управления радиотехническим комплексом





«Космонавт Владимир Комаров» — корабль космической службы Академии наук СССР. Его антенны заключены в сферические оболочки, которые защищают их от воздействия внешней среды

Фотохроника ТАСС

влажных тропиков, и в зимнем штормующем океане, и в «ревуших» широтах обоих полушарий. Мощному напору стихии надежно противостоит главная машина корабля — турбина в 19 000 лошадиных сил.

Немало труда, любви и искусства вложили создатели корабля в устройство быта огромного коллектива людей, которым придется вдали от Родины провести много месяцев на борту судна. Все жилые и научные помещения снабжаются кондиционированным воздухом. Комфортабельные каюты, рассчитанные на одного или двух человек, оформлены со вкусом. В медицинском отсеке есть госпиталь с диагностическими и лечебными кабинетами, операционной и стационарным отделением. Много места занимают спортивные сооружения: за-

крытый плавательный бассейн (на палубе еще два открытых бассейна), площадки для игр и тренировок. На корабле есть клуб с зрительным залом на 250 мест, библиотека на 10 000 книг, читальный зал, комнаты для отдыха.

Но главное, конечно, научное и техническое оснащение корабля. Он весь переплетен сложной паутиной проводов и кабелей. В его многочисленных лабораториях, вычислительных комплексах, центрах связи и управления находится различная электронно-вычислительная, радио- и телеметрическая, а также электротехническая аппаратура, используя которую можно быстро и точно решать все сложные задачи космического полета. Из центра связи корабля можно вести радиотелефонные разговоры с

космонавтами, пилотирующими корабли, и держать надежную связь с Москвой из любой точки Мирового океана.

Но этим не ограничиваются научно-технические возможности корабля. Помимо выполнения основной программы — изучения верхних слоев атмосферы и космического пространства — на судне предусмотрено проведение ряда геофизических исследований, оборудованы океанологические лаборатории.

«Космонавт Юрий Гагарин» — мощное современное техническое средство в руках советских ученых, развернувших широкую программу изучения и мирного использования космического пространства во имя прогресса науки и нужд всего человечества.

Д. Ю. ГОЛЬДОВСКИЙ

«Большой

тур»

уступает

место

«малому»

В седьмом десятилетии нашего века успешно начались исследования автоматическими станциями ближайших к Земле планет. Впереди полеты к далеким планетам-гигантам.

Автоматические межпланетные станции показали себя весьма эффективным средством для исследования ближайших к Земле планет. Советский Союз и США неоднократно посылали такие станции к Венере и Марсу. Научные результаты этих полетов трудно переоценить: получена качественно новая информация об околопланетном пространстве Венеры и Марса, об атмосфере Венеры, атмосфере и поверхности Марса.

А можно ли при современном уровне техники исследовать с помощью автоматических межпланетных станций, выводимых баллистическими ракетами, планеты-гиганты? До ближайшей из них — Юпитера — станция будет лететь примерно два года, если начальная скорость разгона у Земли составит 14 км/сек, а до Нептуна — 30 лет при скорости 16 км/сек. Сегодня нет еще даже в проекте космического аппарата, способного надежно работать в течение нескольких десятилетий. Но значит ли это, что полеты к границам планетной системы придется отложить до XXI века? Вероятно, нет.

В конце 70-х и в начале 80-х годов внешние планеты расположатся так, что космическому аппарату достаточно добраться до Юпитера, а там уже под воздействием притяжения этой гигантской планеты он приобретет необходимое приращение скорости и достигнет Сатурна. Далее планеты своим притяжением помогут аппарату пролетать от одной к другой. Причем скорость будет непрерывно нарастать, время полета, соответственно, сокращаться и аппарат может за 8—9 лет достичь не только Нептуна, но даже самой отдаленной планеты Солнечной системы — Плутона. Согласно одному из расчетных вариантов, аппарат, запущенный 4 сентября 1977 г., совершит пролет около Юпитера 29 января 1979 г., около Сатурна 3 сентября 1980 г., около Урана 1 февраля 1984 г. и около Нептуна 8 ноября 1986 г. Законы небесной механики не позволят ему пройти около Плутона, но для исследований этой планеты может быть запущен другой аппарат. Если он будет стартовать тоже 4 сентября 1977 г., то,

пройдя около Юпитера и Сатурна, сблизится с Плутоном 9 марта 1986 г.

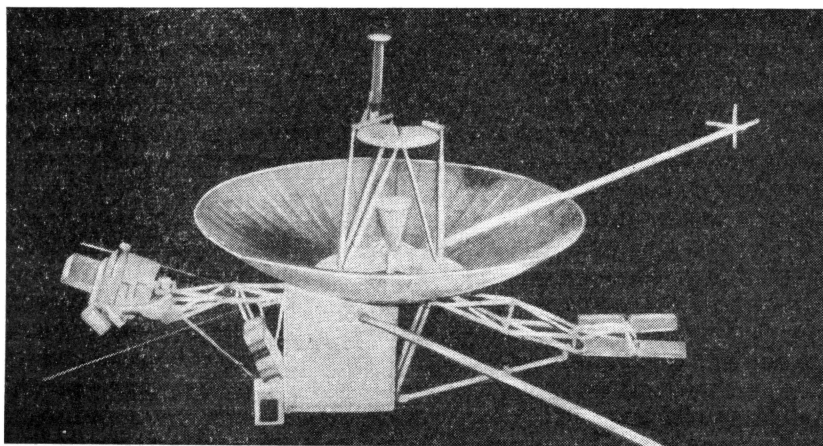
Программа пролета одного аппарата около трех-четырех внешних планет Солнечной системы известна под названием «Большой тур»*. Но в 1972 г. от программы «Большой тур» отказались. Почему?

Главной причиной отказа было систематическое сокращение в США ассигнований на исследования космического пространства, не связанные с военными целями. Эти сокращения стали особенно значительными после того, как доставили космонавтов на Луну. Кроме того, высказывались сомнения в том, что бортовое оборудование аппарата, посланного в многолетний рейс по программе «Большой тур», сможет надежно работать в течение столь длительного периода, да и полет около планет будет совершаться на таком большом расстоянии, что научная информация окажется ограниченной.

Итак, под давлением финансовых затруднений и мнения научной общности от программы «Большой тур» НАСА отказалась. Вместо нее предлагается программа, которую можно условно назвать «малый тур». Она предусматривает запуск двух межпланетных автоматических станций, из которых каждая совершит пролет не около трех-четырех, а лишь около двух планет — Юпитера и Сатурна, используя притяжение первой из них. Запуск обеих станций намечен на 1977 г. Около Юпитера они пролетят через 1,5 года, около Сатурна — через 3,5 года после старта. Необходимая длительность надежной работы бортового оборудования составит 3,5 года, а не 8-9 лет, как в случае «Большого тура».

Поскольку сроки полета значительно сократятся, можно лишь модифицировать хорошо себя зарекомендовавшие аппараты типа «Маринер» и отказаться от разработки новых. Можно будет также учесть опыт полетов межпланетных станций «Пионер» к Юпитеру. Ведь условия полета и длительность «активного» существо-

* Программа «Большой тур». «Земля и Вселенная», № 2, 1970 г.



Проект космического аппарата, предназначавшегося для реализации программы «Большой тур». В центре — чашепоподобный отражатель остронаправленной антенны

вания этих станций и станции типа «Маринер» по программе «малый тур» сравнимы. Одна из станций — «Пионер-10» запущена 3 марта 1972 г., она совершит пролет около Юпитера в декабре 1973 г.; вторая — «Пионер-11» должна быть запущена в апреле 1973 г.

До Юпитера «Пионер-10» должен лететь 21 месяц и преодолеть почти миллиард километров — такова протяженность траектории. Расстояние между орбитами Земли и Юпитера значительно меньше, но станция движется по кривой, касательной к орбитам Земли и Юпитера. Подобная трасса наиболее выгодна в энергетическом отношении, так как требует наименьшей начальной скорости при выводе*. Правда, даже эта наименьшая скорость составляет 14 км/сек, т. е. значительно больше, чем требуется при полетах к Луне, Марсу и Венере. Показательная деталь: станция «Пионер-10» пересекла орбиту Луны через 11 часов после запуска, в то время как автоматические и пилотируемые лунники «добираются» до Луны за 3—5 суток.

* В. И. Левантовский. Стационарные спутники. «Земля и Вселенная», № 3, 1972 г.

На пути к Юпитеру «Пионеру-10» предстоит пройти зону астероидов между орбитами Марса и Юпитера. Ширина этой зоны почти 300 млн. км. Станция вошла в нее в июле 1972 г. По оценке американских специалистов, вероятность рокового столкновения в этой зоне не превышает 10%. На борту «Пионера-10» установлен прибор «Сизиф» (комплект из четырех оптических телескопов) для регистрации астероидов, а также детектор метеорной пыли.

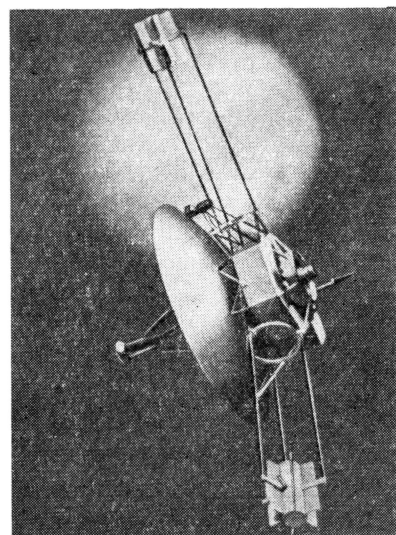
Свою научную работу «Пионер-10» начал еще у Земли: вскоре после старта были включены приборы для исследования внешнего радиационного пояса нашей планеты.

Но основное задание станция будет выполнять при пролете Юпитера. Траектория ее была скорректирована с таким расчетом, чтобы миновать чрезвычайно мощную радиационную зону Юпитера, при попадании в которую оборудование станции может быть повреждено ионизирующим излучением. Она пройдет на расстоянии примерно 140 000 км от планеты 2 декабря 1973 г.

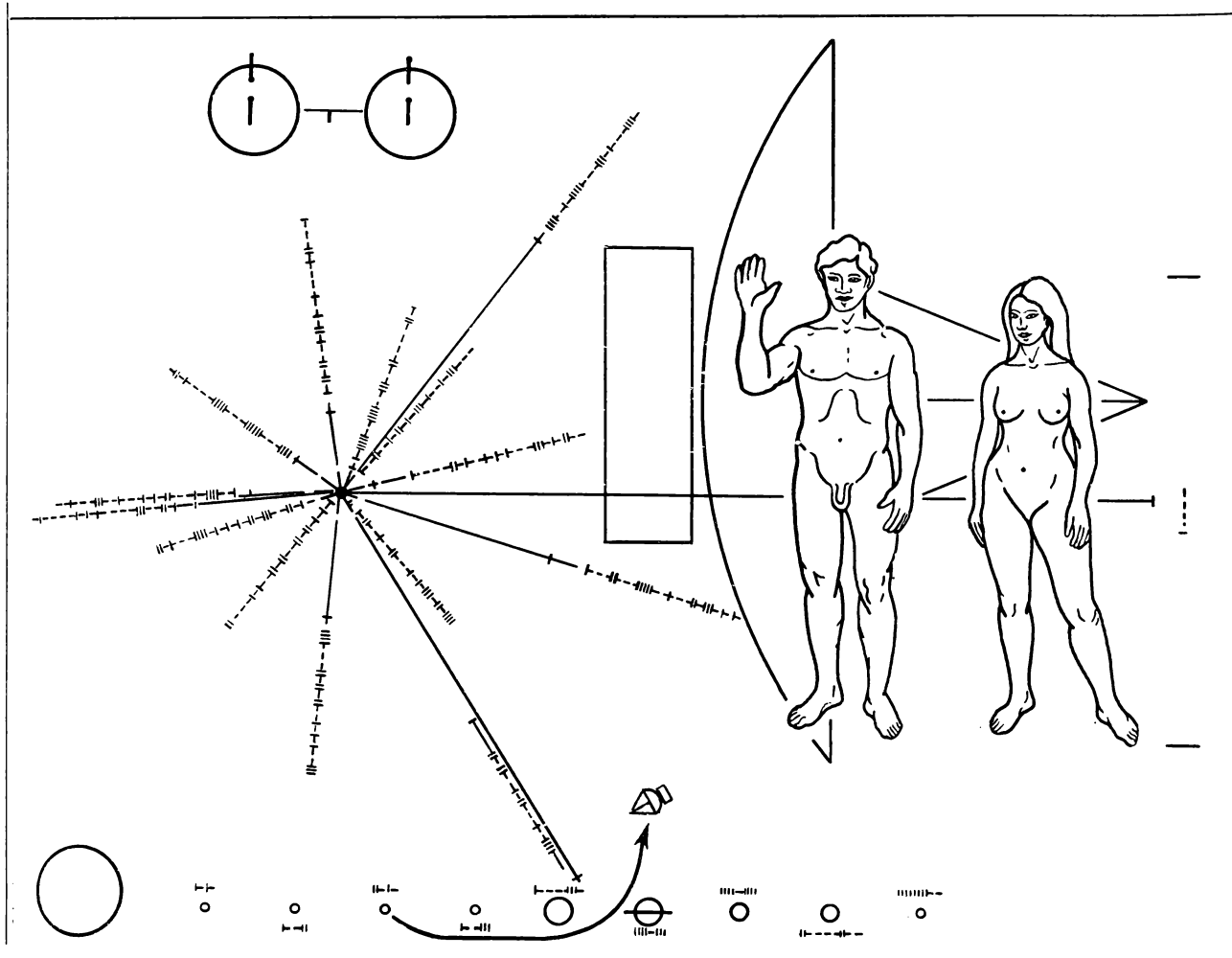
Таким образом, в конце ноября и начале декабря 1973 г. наступит самое ответственное время работы станции. Около четырех суток будет

продолжаться исследование Юпитера, его спутников и околопланетного пространства с пролетной траектории. Для этих целей станция несет такие приборы, как магнитометр, анализатор плазмы, многочисленные детекторы заряженных частиц, инфракрасный и ультрафиолетовый радиометры, уже упоминавшиеся прибор «Сизиф» и детектор метеорной пыли, а также фотополариметр. С помощью фотополариметра предполагают получить 10 снимков Юпитера и примерно столько же снимков его спутников.

Притяжение Юпитера увеличит скорость «Пионера-10» примерно до 20 км/сек. Эта скорость превышает третью космическую (16,2 км/сек), необходимую для преодоления притяжения Солнца. В результате станция через 11—12 лет после старта пересечет орбиту Плутона и выйдет за пределы Солнечной системы. Связь со станцией, как считают специалисты, можно поддерживать до 2,4 млрд. км от Земли. На таком расстоянии (между орбитами Сатурна и Урана) «Пионер-10» окажется приблизительно через 6 лет после запуска.



Автоматическая межпланетная станция «Пионер-10». Остронаправленная антенна, имеющая такую же форму, как и у проектировавшегося аппарата для «Большого тура», постоянно ориентирована на Землю



Табличка с посланием инопланетной цивилизации, установленная на «Пионер-10». Справа, на фоне контура межпланетной станции, изображены фигуры мужчины и женщины. Слева — Солнце (в виде точки), к которому сходятся линии, соединяющие 14 пульсаров. Положение Солнца относительно пульсаров должно показать, что объект создан в Солнечной системе. У каждой линии отмечена частота излучения пульсара в двоичной системе, причем за единицу принята частота линии радиоизлучения водорода. Поскольку частота пульсаров со временем уменьшается, то, зная частоту в момент старта, можно будет определить, как давно произведен запуск. Чтобы дать представление о росте землян, от точки, изображающей Солнце, вправо отложен отрезок, равный длине волны той же радиолинии водорода (21 см), а у фигуры женщины обозначено в двоичной системе число 8 — коэффициент, на который надо помножить длину отрезка, чтобы получить рост женщины. Внизу таблички показаны планеты Солнечной системы и траектория межпланетной станции.

Несколько слов о самой станции «Пионер-10». Вес ее составляет 250 кг, вес научных приборов 27 кг. На орбите станция стабилизируется вращением. Для ее закрутки, ориентации оси вращения и коррекции траектории служат шесть двигателей тягой по 0,5 кг, работающих на продуктах разложения гидразина. В полете ось вращения станции находится в таком положении, что остронаправленная

антенна с отражателем диаметром 2,7 м постоянно ориентирована на Землю. Бортовыми источниками электроэнергии служат четыре радиоизотопные установки мощностью по 40 Вт.

Станция «Пионер-10» выйдет за пределы Солнечной системы, поэтому нельзя полностью исключить возможность ее встречи с разумными инопланетными существами, если они вообще есть (правда, вероятность по-

добной встречи чудовищно мала). Чтобы дать инопланетянам представление о месте и времени запуска станции, а также вообще о землянах, станция несет послание-рисунок, имеющее скорее символическое, нежели реально практическое значение.

Программа исследования внешних планет, безусловно, представляет значительный интерес. Будет ли она реализована?

П. Ф. ЧУГАЙНОВ
кандидат физико-математических наук

Звезды низкой светимости

Астрономы еще мало знают о слабо светящихся звездах — белых и красных карликах. Изучение этих стадий эволюции очень важно для познания природы звезд.

МНОГО ЛИ ЗВЕЗД НИЗКОЙ СВЕТИМОСТИ?

Светимость — важнейшая характеристика звезды. Часто вместо нее используют абсолютную звездную величину — тот блеск, который звезда должна иметь, если бы она находилась на расстоянии 10 пс от Солнца. Солнце по светимости и другим характеристикам занимает промежуточное положение среди звезд. Его абсолютная величина равна приблизительно $+5^m$. Светимость звезды считается низкой, если ее абсолютный блеск в десятки или даже в тысячи раз слабее, чем у Солнца. Это соответствует абсолютной величине, скажем, $+10^m$ и более.

Из сотен известных астрономам звезд низкой светимости подробно исследовано в настоящее время несколько десятков. Хотя изученных звезд довольно мало, это вовсе не означает, что звезды низкой светимости не вызывают интереса. Напротив, интерес к ним огромен, но изучать их очень трудно из-за слабого видимого блеска. Даже для крупных телескопов доступны лишь те звезды низкой светимости, которые расположены в ближайших окрестностях Солнца.

Установить, относится ли звезда к окрестностям Солнца, можно, измерив ее собственное движение. Если звезда сравнительно быстро перемещается на фоне окружающего звездного поля, то, как правило, она находится недалеко от нас. Величину ее собственного движения определяют, сравнивая положения звезды на двух фотографических пластинках одной и той же области неба, полученных на одном и том же телескопе с интервалом в несколько десятков лет. Впервые таким способом значительное число звезд низкой светимости было открыто в начале нашего века Ф. Россом (США) и М. Вольфом (Германия). В последнее время обзор всего северного и части южного полушария неба выполнили Г. Джиклас, Р. Бэрнхем и Н. Томас (США). Они обнаружили около 9000 быстродвижущихся звезд, многие из которых, по видимому, являются звездами низкой светимости.

Постепенно накапливая данные, астрономы пришли к выводу, что звезды низкой светимости самые многочисленные в окрестностях Солнца. Согласно работе американского астронома П. ван де Кампа, на расстоянии не более 5 пс от Солнца светимости всего одной звезды (Сириуса) в 25 раз, а другой (Проциона) в 8 раз превосходят солнечную; у трех звезд светимости примерно такие же, как у Солнца; у восьми — в 10 раз и у тридцати пяти по крайней мере в 20 раз меньше солнечной. Есть основания подозревать, что этот список неполный. По-видимому, даже в ближайших окрестностях Солнца нам известны лишь сравнительно яркие звезды низкой светимости.

Хотя звезды окрестностей Солнца близки к нам в данный момент, многие из них при своем движении в Галактике удаляются от нас на килопарсеки. Поэтому можно считать, что вывод о многочисленности звезд низкой светимости справедлив не только для ближайших окрестностей Солнца, но, возможно, даже для большей части Галактики. Оценка полного числа звезд в Галактике зависит, таким образом, в основном от количества звезд низкой светимости. Мы сейчас предполагаем, что Галактика содержит около 200 млрд. звезд.

БЕЛЫЕ КАРЛИКИ

Звезды низкой светимости — это звезды-карлики. Их абсолютные звездные величины больше $+10^m$. По своему положению на диаграмме цвет — светимость они разделяются на белые и красные карлики.

Белые карлики имеют массы, близкие к солнечной, и плотности порядка 10^5 — 10^8 г/см³. Теория внутреннего строения звезд показывает, что столь высокая плотность может быть достигнута лишь в конце эволюции, когда в недрах звезды полностью израсходованы запасы термоядерной энергии. На этой стадии под действием гравитационных сил звезда начинает сжиматься. Если ее масса не превышает 1,5 солнечной, то на определенном этапе сжатие прекращается, так как вещество переходит в особое вырожденное состояние, в кото-

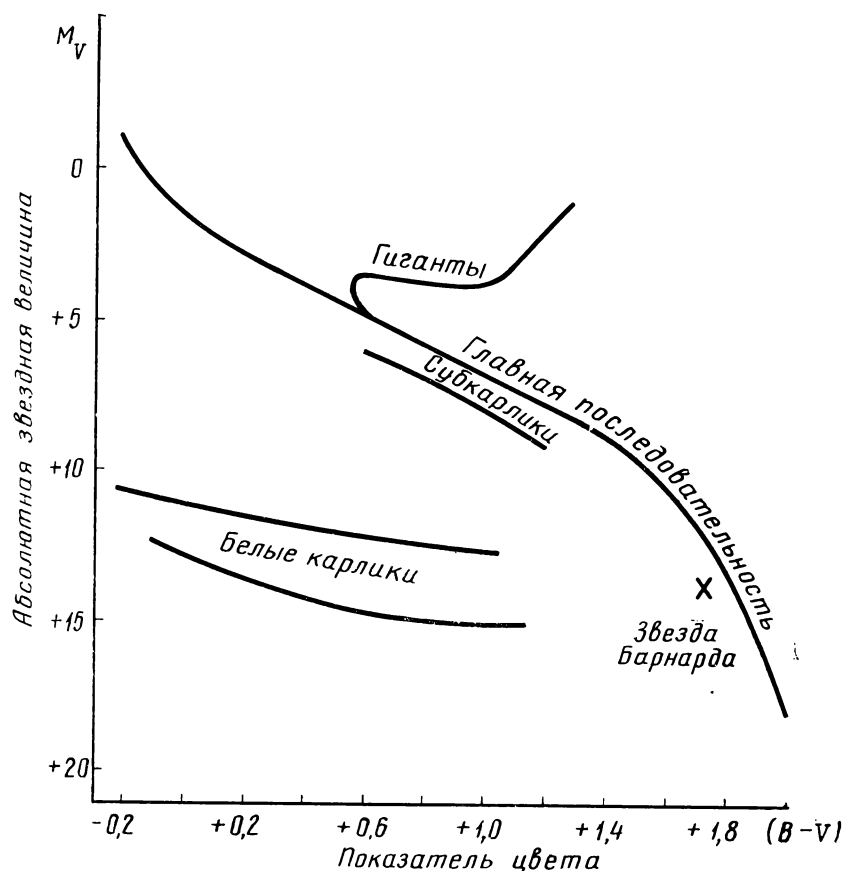


Диаграмма цвет — светимость для звезд окрестностей Солнца. Белые карлики распадаются на две группы с различной светимостью. Красные карлики — звезды главной последовательности, абсолютная величина которых равна $+10^m$ и больше

ром становится несжимаемым. Радиус белого карлика определяется только его массой и химическим составом.

Спектральные и фотометрические наблюдения, проведенные американскими астрономами Дж. Гринстейном и О. Эггеном, дали возможность оценить светимость, радиусы и температуру более двухсот белых карликов. Оказалось, что есть две группы белых карликов с разной светимостью. (Существование групп впервые заподозрил советский астроном П. П. Паренаго). Различие белых карликов по светимости вызвано различием их радиусов. Группе с меньшей светимостью соответствует значение радиуса, равное 0,01 солнечного, а груп-

пе с большей светимостью — 0,03 солнечного. Различие радиусов, по-видимому, связано с различием масс.

Наблюдения подтверждают, что массы белых карликов действительно не превышают 1,5 солнечной. Пока еще не ясно, означает ли это, что в белые карлики переходят только звезды с массой не более 1,5 солнечной. Возможно, некоторые массивные звезды «сбрасывают» избыток массы и все же становятся белыми карликами.

Что происходит с белым карликом на поздней стадии эволюции? Его светимость и температура должны со временем уменьшаться, причем тем быстрее, чем меньше масса. Продолжительность превращения белого

карлика в невидимую звезду — «черный карлик» — от нескольких сот миллионов до нескольких миллиардов лет. О. Эгген и Дж. Гринстейн искали «черные карлики» и обнаружили восемь звезд, по-видимому, близких к достижению этой стадии. Цвет объектов — красный, поэтому их уже нельзя называть белыми карликами. Приходится употреблять такие названия, как «красный белый карлик» или «красная вырожденная звезда».

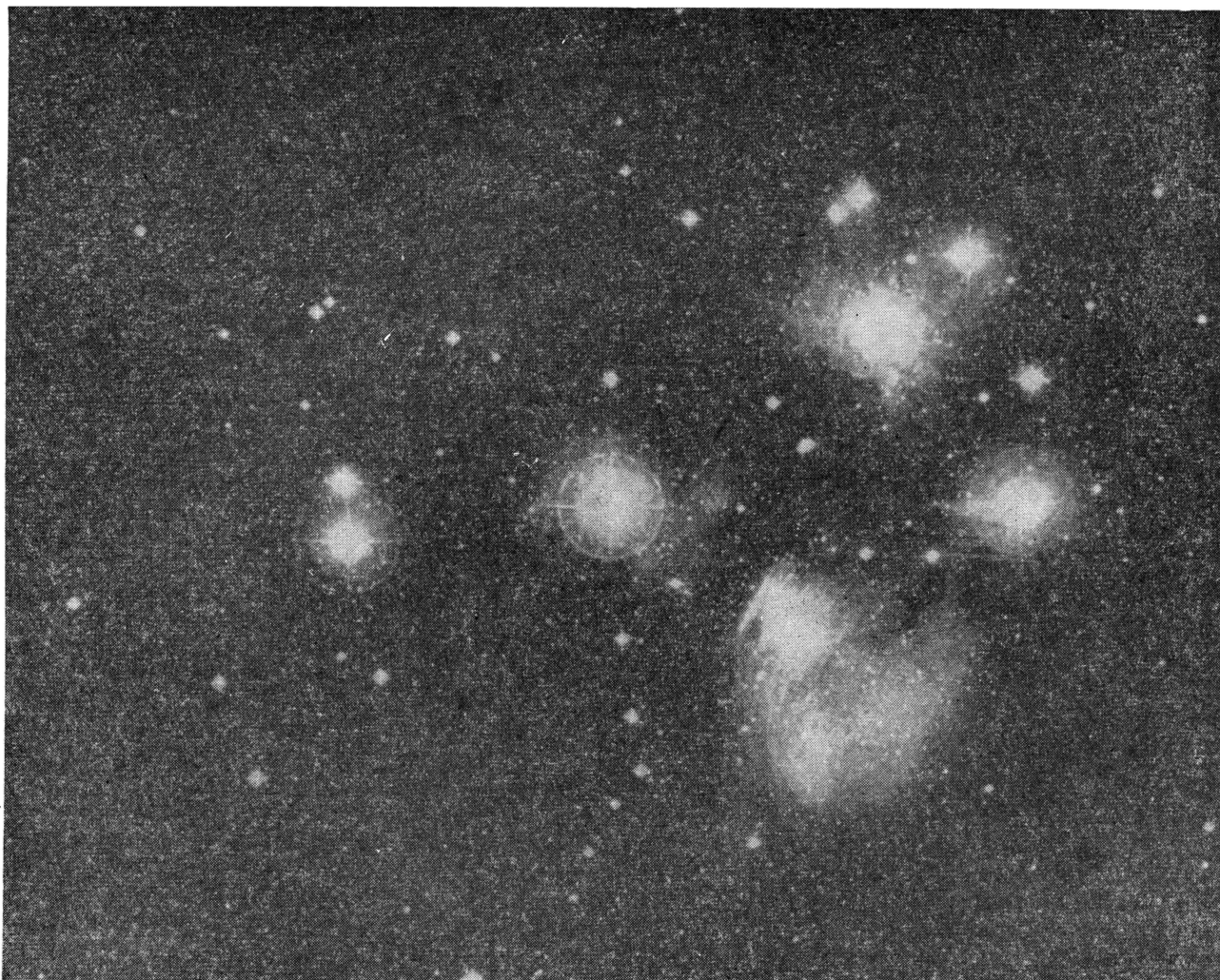
Поиски, предпринятые Гринстейном и Эггеном, привели еще к одному неожиданному результату. Оказалось, что довольно много звезд занимают на диаграмме цвет — светимость положение, промежуточное между нормальными звездами (главная последовательность) и белыми карликами. Гринстейн называет эти звезды «эггенидами», поскольку первым на них обратил внимание Эгген. Природа эггенидов пока еще совершенно непонятна, так как теория эволюции не предсказывает возможного существования звезд в этом месте диаграммы.

КРАСНЫЕ КАРЛИКИ

Массы и радиусы этих звезд составляют от нескольких десятых до нескольких сотых солнечных. Согласно теории, свечение красных карликов, исключая самые слабые из них, обусловлено выделением термоядерной энергии в недрах.

Поскольку темп выделения энергии у красных карликов очень слабый, запасов ядерного топлива им должно хватить на несколько миллиардов лет. Таким образом, светимость и температура звезды мало изменяются даже по прошествии миллиардов лет, и поэтому можно было бы ожидать, что на диаграмме цвет — светимость красные карлики будут располагаться в пределах четко ограниченной полосы. В действительности это не совсем так. Некоторые красные карлики, например звезда Барнарда, лежат почти на одну звездную величину ниже главной последовательности.

Разобраться в этом помогают исследования движения звезд в пространстве. Эгген и английский астроном Вулли изучили связь между характером движения звезд окрестно-



Рассеянное звездное скопление Плеяды — одно из самых молодых в Галактике. В скоплении много вспыхивающих звезд

стей Солнца и их возрастом. Звезды были разделены на группы, показывающие сходное движение, и для каждой группы построены диаграммы цвет — светимость. По виду диаграмм оценили возраст каждой из групп — так же, как это делается для рассеянных и шаровых скоплений*. Вулли определил галактические орбиты звезд. Оказалось, что молодые звезды движутся почти по круговым

орбитам относительно центра Галактики и остаются все время вблизи плоскости Галактики. У старых звезд (возраст более 10^9 лет) орбиты эллиптические, и эти звезды могут довольно сильно удаляться от плоскости Галактики.

Белые карлики принадлежат в основном к старому звездному населению, а красные карлики встречаются как среди молодого населения, так и среди старого. Именно те красные карлики, которые движутся по сильно вытянутому и заметно наклонен-

ным к плоскости Галактики эллипсам, т. е. старые красные карлики, лежат на диаграмме цвет — светимость примерно на одну звездную величину ниже главной последовательности. Возможно, это вызвано различием химического состава звезд.

Интересная разновидность красных карликов — звезды очень малой массы, порядка нескольких сотых солнечной. Начальная стадия эволюции у них, так же как и у других звезд, — гравитационное сжатие. Вещество звезды разогревается, и она излуча-

* Ю. Н. Ефремов. Жизнь звезд. «Земля и Вселенная», № 2, 1965 г.

ет свет. Однако температура недр недостаточно высока, чтобы начались термоядерные реакции. По прошествии сравнительно небольшого промежутка времени гравитационная энергия расходуется и звезда перестает светиться. Она становится «черным карликом» типа планеты (масса ее всего в несколько раз больше массы Юпитера). Сейчас известно несколько таких звезд, еще не потухших, например вспыхивающая звезда UV Кита.

Многие красные карлики — вспыхивающие звезды. Среди звезд окрестностей Солнца, по-видимому, наибольшей вспышечной активностью обладают молодые красные карлики. Однако зарегистрирована вспышечная активность и у некоторых старых звезд, например, у красного карлика BD + 43° 44 В. Вспышки этой звезды наблюдала советский астроном Н. И. Шаховская. Создается впечатление, будто вспышечная активность красных карликов зависит не только от их возраста. Какова связь вспышечной активности с внутренним строением звезды и какова ее роль в процессе эволюции? — еще предстоит выяснить.

Свыше 100 вспыхивающих красных карликов обнаружено в молодом рассеянном скоплении Плеяды. В последние годы наблюдениями этого скопления много занимались в Бюраканской обсерватории. Бюраканские астрономы нашли предельную абсолютную величину, начиная с которой встречаются вспыхивающие звезды в Плеядах. Она соответствует видимой звездной величине 13^m.3. Почти все звезды Плеяд слабее этой величины, по-видимому, принадлежат к вспыхивающим красным карликам. Некоторые из них показывают явно повышенную вспышечную активность. Интересно также, что многие красные карлики сосредоточены вблизи внешней границы Плеяд, на расстоянии около 1° от центра скопления. Работа бюраканских астрономов, проводимая под руководством академика В. А. Амбарцумяна, — хороший пример решения фундаментальных проблем звездной эволюции на основе наблюдений.



НОВЫЕ МАЛЫЕ ПЛАНЕТЫ

Обсерватория в Цинциннати (США) опубликовала список 17 астероидов, орбиты которых определены достаточно хорошо. Им присвоены имена.

Малая планета 1796 названа Рига в честь столицы Латвии. Эту планету открыли в 1966 г. на Крымской астрофизической обсерватории.

Еще пять астероидов получили названия в честь известных астрономов: 1670 Миннарт, 1771 Маковер, 1774 Куликов, 1776 Койпер и 1777 Джерелс. Малая планета 1772 названа именем первого космонавта Гагарина.

«Sky and Telescope», 42, 6, 1971.

РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ ЗВЕЗД

В последние годы настойчиво ведутся поиски радиоизлучения звезд. И наконец получены первые положительные результаты. Американским радиоастрономам С. Вейду и Р. Хелмингу удалось зарегистрировать слабое радиоизлучение от четырех звезд. Интересно, что все эти звезды двойные. Три из них — Антарес, β Лиры, β Персея (Алголь) — хорошо известны астрономам, а двойственность четвертой, HD 226868, установлена лишь недавно. С ней отождествлен переменный рентгеновский источник Лебедь XR-1.

В этих двойных системах обнаружены мощные газовые потоки. По-видимому, одна из звезд теряет вещество, которое захватывается притяжением второго компонента. Падая на звезду, газ вначале сильно разгоняется, а затем резко тормозится при ударе о поверхность, расходуя свою энергию на нагрев и частично на радиоизлучение. Радиоизлучение двойных звезд имеет иную природу, чем солнечное, и его мощность в сотни миллионов раз превышает среднюю мощность радиоизлучения Солнца.

«Nature», 235, 5336, 1972.

ЛЕБЕДЬ XR-1 — ДВОЙНАЯ ЗВЕЗДА С ТЯЖЕЛЫМ КОМПОНЕНТОМ

Анализ записей рентгеновского излучения переменного источника Лебедь XR-1, полученных на американском спутнике «Uhuru», выявил строгую периодичность изменения потока («Земля и Вселенная», № 2, 1972, стр. 5). Через каждые 5—6 дней поток рентгеновского излучения резко падает, а спустя некоторое время восстанавливается до прежнего уровня. Похоже, что Лебедь XR-1 — тесная двойная система, в которой рентгеновский компонент периодически затмевается. Подозрение пало на звезду HD 226868. Последующие события блестяще подтвердили догадку.

Звезда HD 226868 — нормальный горячий гигант. Измерение доплеровского смещения линий в ее спектре показало, что у звезды есть массивный невидимый спутник. Период обращения этой системы составляет 5—6 дней, причем минимум рентгеновского излучения, как считают американские исследователи Б. Вебстер и Р. Марден, приходится на момент, когда оба компонента расположены примерно на луче зрения.

В спектре звезды обнаружены также линии излучения водорода, что, несомненно, свидетельствует об интенсивном истечении газа с поверхности гиганта. По мнению американского ученого С. Болтона, наблюдаемое рентгеновское излучение обусловлено падением этого газа на невидимый компонент.

Что же представляет собой невидимая звезда? Ее масса приблизительно в 3 раза превосходит солнечную. Невидимая звезда такой массы должна быть очень плотной, с небольшим радиусом — нейтронная звезда или черная дыра. Мощное гравитационное поле черных дыр не выпускает их излучение, поэтому черные дыры можно обнаружить только по специфическим эффектам, например по рентгеновскому излучению вещества, захватываемого дырой. Однако такой же эффект наблюдается и у нейтронных звезд, а потому выбор между двумя предположениями еще не сделан.

«Nature», 235, 5332, 5336, 1972.



«Снежная буря»

Гравюра Д. Бюркли. 1864 г.

М. ОТУОТЕР

Внимание— лавина!

Мало найдется счастливых, уцелевших при встрече с «белой смертью», как иногда называют лавину. К числу их относится американский исследователь, автор книги «Охотники за лавинами» Монтгомери Отуотер. Он изучает еще не побежденного врага человека — снежные лавины. Предлагаем отрывок из этой книги.

М. Отуотер. «Охотники за лавинами». Перевод кандидата географических наук Г. Н. Голубева под редакцией профессора Г. К. Тушинского. Книга готовится к печати издательством «Мир».

Меня часто спрашивают: что чувствует человек, попавший в большую лавину? Вот что почувствовал я.

Мой спутник крикнул: «Смотри!», и я услышал звук ломающейся снежной доски, ее мягкое, угрожающее шипение. Снег перед моими лыжами взгорбился, как одеяло. Я оглянулся назад и подумал: «Ты чертовски рискуешь остаться здесь, Отуотер». Вся гора снега, все тысячи ее тонн двинулись на меня.

Это произошло в Алте, штате Юта, в месте, называемом логом Лоун-Пайн. Было около 9 часов январского утра 1951 г. До этого меля двухдневная метель, и выпал снег толщиной в метр. Я со своим помощником проверял склоны перед тем как выпустить на них лыжников. Контроль за лавинами на американском континенте тогда только зарождался, и мы часто проверяли склоны, проходя их на лыжах. Если снег не соскользнет под нашей тяжестью, значит, и остальные могут здесь пройти беспрепятственно. Теперь такой метод кажется наивным, и удивительно, что мы давным-давно не погибли.

Мы подбирались как можно выше к месту отрыва лавины. Пока один человек пересекал лавиноопасный склон, его помощник следил за ним с безопасного места. Затем первый лыжник наблюдал за продвижением напарника по склону, где могла сойти лавина... Случилось так, что мой ассистент оказался на склоне раньше, чем я ушел оттуда. Наш общий вес плюс разрезающее действие обеих пар лыж были достаточны для того, чтобы вызвать лавину. Началась лавина из мягкой снежной доски. И я, как щепка, поплыл в потоке снега. Но концы моих лыж были в нескольких метрах от края потока — резко очерченной трещины, раскрывавшейся вдоль пути лавины. Если бы только мои лыжи могли скользить по поверхности, а не утонуть в снегу!..

Когда движется лавина из мягкой снежной доски, она быстро дробится. Очень скоро я провалился сквозь нее и оказался на твердом старом слое снега, лежавшем ниже. Снег у стены лога начал закручивать меня назад, увлекая в главный поток. Сначала я

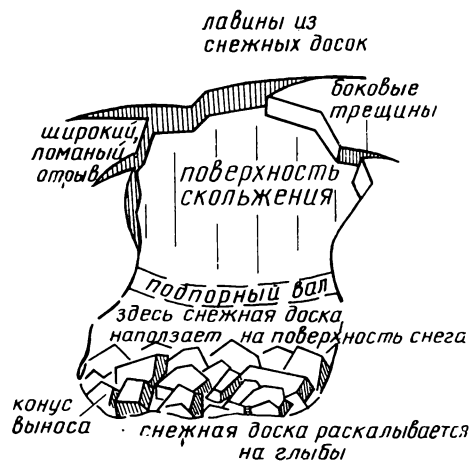


Схема схода лавины из снежных досок

был по колено в кипящем снегу, затем он меня опоясал и добрался до шеи. Но я еще стоял на лыжах. Обычно говорят: «Если вы попали в лавину, старайтесь освободиться от лыж». И действительно, они мне были ни к чему, но избавиться от них я уже не мог.

Меня внезапно дважды швырнуло вперед, как пару брюк в машине для химчистки. В этот момент лавина сорвала с меня лыжи, как бы предлагая бороться за свою жизнь.

Я был под снегом и, находясь в лавине, где царила полнейшая тьма, непрестанно думал о своей судьбе. Меня так скручивало, как будто со мной боролись миллионы рук. Я начал терять сознание.

Неожиданно я оказался снова на поверхности, в лучах солнца. Я выплюнул снежный клеп изо рта и сделал глубокий вдох. Вспомнился другой совет: «Прикройте рот и нос». Когда в следующий раз меня выбросило на поверхность, я сделал два вдоха. И так было несколько раз: наверх — вдох, плыву к берегу; вниз, под снег — закручиваюсь в шар. Казалось, это длилось долго, и я опять начал терять сознание. Затем я почувствовал, что снежный водопад замедляется и сжимается.

Инстинктивно (а может быть, и сознательно) я сделал огромное усилие — и лавина выплюнула меня на поверхность, как вишневую косточку. Ошеломленный и измученный я лежал, пытаюсь отдышаться. Оглядел себя: руки, ноги целы, ботинки тоже. На одном из них ничего не было, на другом, как раз по длине подошвы, — расщепленный кусок лыжи. Остальные куски нашлись в мае, когда растаял снег.

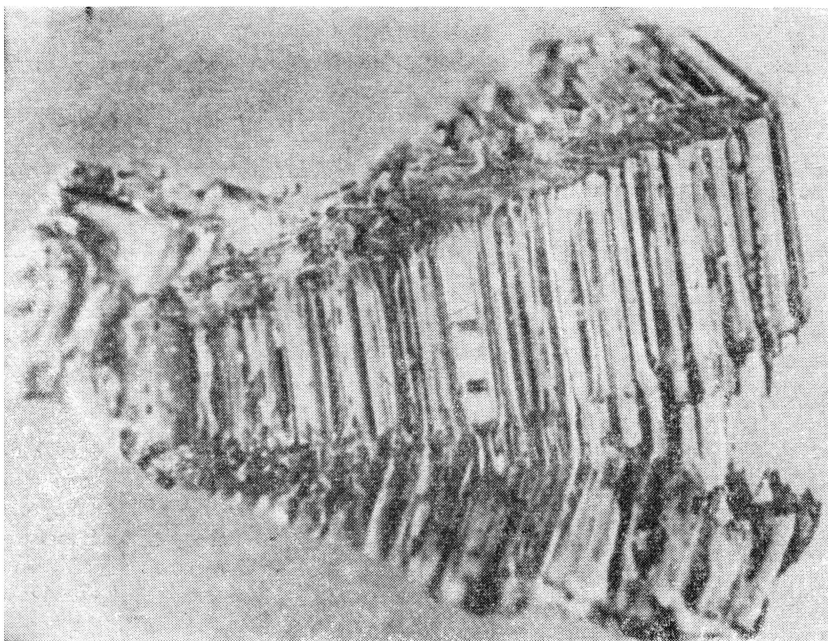
* *

Для образования лавины, этой стихийной силы без разума и воли, достаточно скопления снега на крутом склоне. Да, но какое количество снега и какой крутизны должен быть склон? Я видел лавины при снежном покрове мощностью 15 см и на пологом склоне — под углом 15°. Однако такие случаи исключительно редки. Большинство опасных лавин сходит со склонов крутизной 25—40°. Эти лавины опасны для жизни или имущества, или для того и другого вместе.

Чем круче склон, тем более вероятен сход лавины. Правда, на очень крутых склонах — от 45 до 90° — снег почти не задерживается: во время снегопадов он постоянно соскальзывает, редко накапливаясь в угрожающих количествах. Каждый лавинщик радуется, когда видит следы мелких лавинок после снегопада. Они означают, что снег освобождается от перегрузок и внутренних напряжений, что происходит естественный процесс его стабилизации на склоне. Но когда склоны средней крутизны пристально смотрят заносчивым и загадочным взглядом, тогда нужно постараться вызвать искусственный сход лавины.

При определенных условиях снег прилипает и к очень крутым склонам. Ветер, как мастерок каменщика, приглаживает его на наветренном склоне, а на другой стороне хребта он сооружает карнизы — выразительные сугробы в форме разбивающейся волны.

Снег, лежащий на горном склоне, кажется невинным, ласковым и — на непосвященный взгляд — неизмен-



Кристалл глубинной изморози — «бацилла лавины»

ным. Однако охотник за лавинами знает, что снег — это наиболее изменчивое вещество на свете. С того момента как первая молекула водяного пара в атмосфере сконденсируется на частичку пыли, снег изменяется до тех пор, пока он снова не станет водой. Жизнь иного снежного кристалла короче жизни бабочки, потому что, падая, он может растаять и выпасть на землю дождевой каплей. Но жизнь снежного кристалла может измеряться столетиями, если ему придется быть частичкой ледника. Изменчивость снега — очень важное свойство, которое должны учитывать лавинщики.

Пока снежный кристалл выпадает из облака, с ним случается многое. Он увеличивается, потому что водяной пар конденсируется на его первоначальном ядре. Он может частично или полностью растаять, а затем замерзнуть, принимая самые разнообразные формы. Он сталкивается с другими снежинками в их беспорядочном полете. Столкновения часто цементируют кристаллы в хлопья, а иногда, ударяясь друг о друга, кри-

сталлы перемалываются в мелкие осколки. Вот только некоторые из причин удивительного разнообразия форм выпадающего снега.

Классическая форма снежного кристалла — шестилучевая звезда, однако люди, изучающие снег, выделяют десять различных классов и шесть различных форм в пределах каждого класса: звезды, пластинки, столбики, иглы, шарики, обломки. Нет двух абсолютно похожих друг на друга кристаллов. Очевидно, это — одна из загадок снега, которая ждет своего разрешения. Еще более интересная загадка: почему, например, вчера снег лежал на склоне, а сегодня он обрушивается лавиной? Для меня всегда загадка снега состояла не в том, что он падает в виде лавин, а в том, почему он так хорошо удерживается на склонах.

Когда снежинка достигает земли, она становится частью снежного покрова. Процесс ее изменения, или, как говорят гляциологи, метаморфизма, продолжается. Если снежный покров лежит на альпийском лугу или каменистом склоне, украшая гирлян-

дами деревья и смягчая очертания валунов и логов, с ним происходят поразительные вещи. Ветер, как скульптор, вырезает из снега сугробы и карнизы, сдирает снег с одного места и откладывает его на другом. Ветер в основном перемалывает частицы снега и уплотняет снежный покров.

Снежный покров никогда не находится в состоянии покоя: силы природы его постоянно толкают, тянут, давят, изгибают, нагревают, охлаждают, взбалтывают.

При повышении температуры воздуха все процессы в снежном покрове оживляются, а низкие температуры замедляют их. Следовательно, повышение температуры ускоряет начало лавинного цикла, а падение температуры может продлить опасную (или, наоборот, стабильную) ситуацию.

Вероятно, все исследователи могут безоговорочно согласиться с тем, что снег — наиболее непокорная субстанция на земле, в особенности, когда пытаешься ее изучать. Кажется, что снег не расположен к тому, чтобы его изучали. Когда его перемешивают, перемещают или грубо с ним обращаются, он быстро переходит из одного состояния в другое, сбивая с толку наблюдателя.

Снег считается вязко-пластическим: он может течь, как жидкость, растягиваться и сжиматься без нарушения структуры, как упругое тело. Любое вещество, уподобляющееся жидкости и твердому телу одновременно, по меньшей мере необычно. Связность, т. е. сцепление одной частицы снега с другой, одного слоя снега с другим слоем или же снега с почвой, в природе весьма разнообразна. Сцепление зависит в первую очередь от двух факторов: от взаимозацепления между выступами кристаллов снега и от спекания (цементации). Некоторые виды снега совсем не обладают связностью и стекают по склону, как песок. Известен, однако, снег настолько сцементированный, что по своей консистенции он близок к камню. Теплопроводность снега очень мала, а удельная теплота плавления очень велика; отражательная способ-

ность также необычна, потому что некоторые типы радиации снег отражает, как белое тело, а другие — как черное. Есть у него и другие особенности.

Если снег подвергается механическому воздействию, например ветра или лыж, то он временно уплотняется. Связность снега увеличивается в течение значительного периода после того, как механическое воздействие прекратилось. Этот процесс подобен, но не идентичен поведению докрасна раскаленного куска железа, который становится прочнее по мере остывания. Стабилизирующий эффект временного уплотнения очевиден. Сотрудник лавинной службы использует этот эффект каждый день, когда он подрезает свежавыпавший снег своими лыжами.

Нормальная реакция снега на совокупность воздействия давления, температуры и силы тяжести называется деструктивной метаморфозой. Чем дольше снежный покров лежит на склоне, тем более устойчивым он становится. Но одно из сверхъестественнейших свойств снега заключается в том, что этот процесс может сменяться противоположным. При определенных условиях, зависящих от температуры и глубины снега, наблюдается конструктивный метаморфизм: маленькие частицы увеличиваются, а их упаковка становится более рыхлой. Такая трансформация снега — еще одна неполностью понятая загадка. Вместо нормальных процессов таяния и замерзания, снежные кристаллы сублимируют: они превращаются в пар, минуя жидкое состояние, а затем вновь конденсируются. В результате образуется глубинная изморозь — грозный симптом лавинной опасности. Мы не можем до конца понять механизм образования глубинной изморози, но нам известно, какие условия благоприятствуют ее возникновению. Эти грубые округлые зернышки льда совсем не обладают связностью. Они образуются обычно у поверхности почвы, уподобляясь слою скольжения, подстилающему снежный покров. Глубинная изморозь разъедает нижний слой снежного покрова и подвешивает его, как крышу,

на отдельных уголках снежных зерен. Весьма часто крыша все же рушится. Глубинная изморозь захватывает весь снежный покров, образуя величайшие и разрушительнейшие лавины. К ним я чувствую личную неприязнь, потому что одна из них (в Колорадо) отправила меня в больницу.

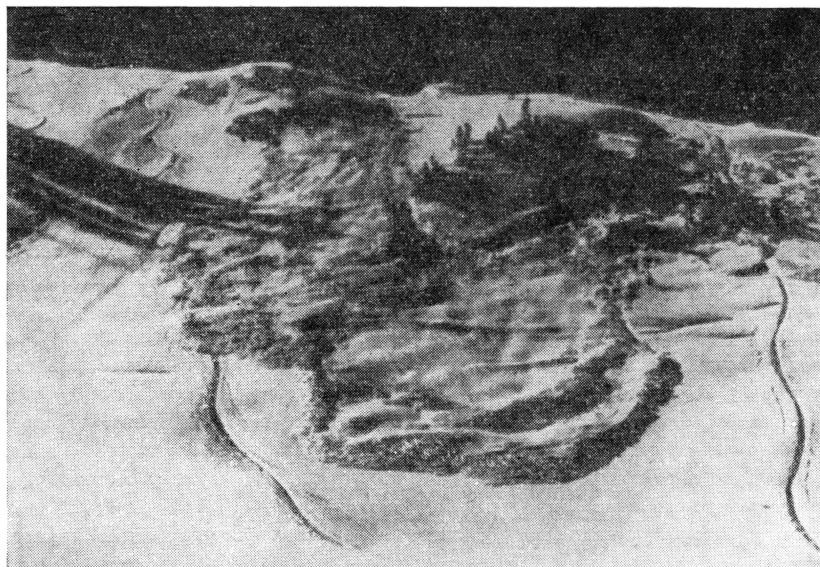
Самое страшное в глубинной изморози — невидимый и неслышный процесс разъедания снега, продолжающийся в течение дней, недель и месяцев. Вес снежного покрова увеличивается после каждого снегопада, и наконец наступает момент, когда связность огромной массы снега настолько близка к точке разрушения, что даже дюйм вновь выпавшего снега, громкий звук или давление пары лыж могут вызвать лавину.

Вы поднимаете пригоршню снега, и он кажется очень легким по сравнению, например, с комком земли или камнем. Но в действительности вес снежного покрова может составлять 1 т/м^2 . Для человека — это страшная тяжесть. Если умножить граммы, приходящиеся на 1 см^2 на тысячи квадратных километров снега в горах, то получаются астрономические цифры. Снег своим весом мо-

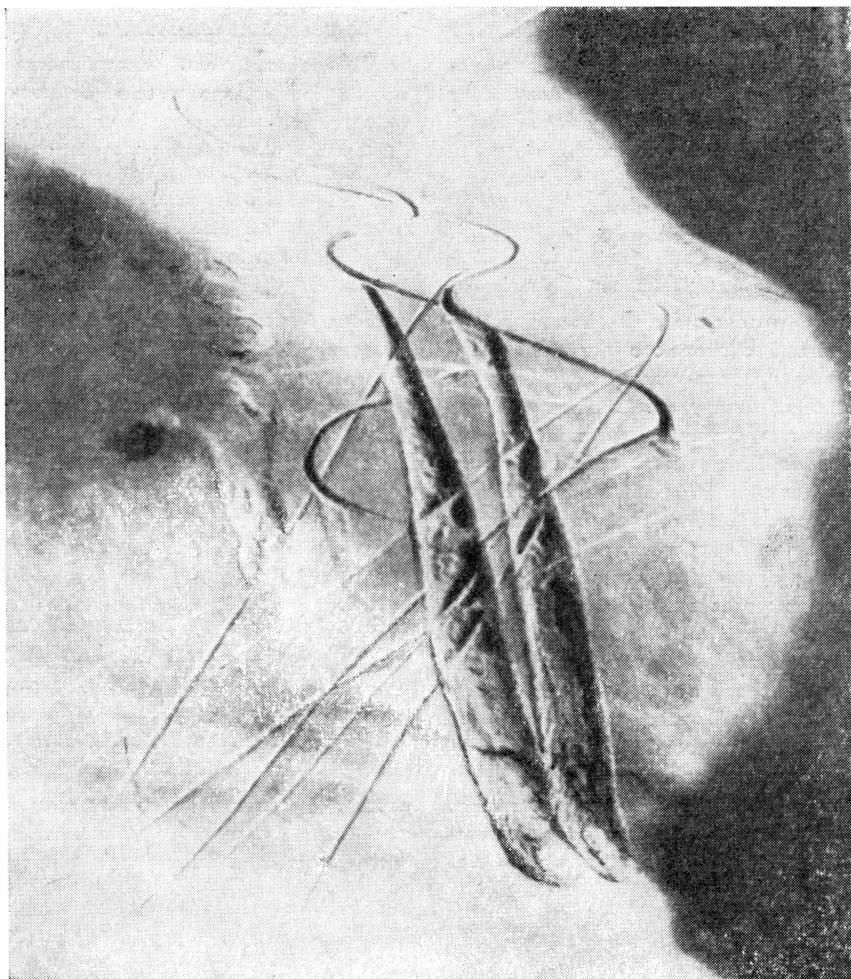
жет разрушать здания, обрывать телефонные и электрические линии, ломать деревья, гнуть металлические опоры. Бывает, что умеренное количество снега сжимает человека, захваченного лавиной, так сильно, что он не в состоянии дышать. Быстрое увеличение массы снега во время снегопада, когда его вес превышает сцепление снега, лежащего на склоне, вызывает больше лавин, чем все другие первопричины, вместе взятые.

Лавина не возникает самопроизвольным таинственным образом. Что-то должно нажать спусковой механизм: событие, сила, перемена, комбинация. Это «что-то» должно быть окончательным толчком. Существует много спусковых механизмов, о некоторых из них мы, возможно, еще не знаем.

Спусковыми механизмами лавин обычно бывают: перегрузка, температура, конструктивный метаморфизм, срезающий сдвиг и вибрация. Перегрузка — это наиболее частая причина окончательного толчка. Если вес свежавыпавшего снега нарастает быстрее, чем стабилизирующие силы увеличивают устойчивость, снег срежется и образуется поверх-



Лавина стремительно спускается вниз по склону



Сухой холодный рыхлый снег так текуч, что достаточно поворота лыж, чтобы привести его в движение

ностная лавина. С другой стороны, свежий слой может быть устойчивым сам по себе, но дополнительный вес может вызвать разрушение слабого слоя, находящегося внутри снежного покрова. Дождь в середине зимы увеличивает вес снежного покрова быстрее, чем снегопад.

Наиболее очевидным образом температура как спусковой механизм лавины действует при таянии снега,

уменьшении устойчивости снега. Но она оказывает влияние и в том случае, когда твердая снежная доска лежит на глубинной изморози. Твердая снежная доска — наименее пластичная форма снега. Если температура быстро изменяется, снег отвечает расширением или сжатием, а это в свою очередь может вызвать сдвиг доски.

Звуковая или ударная волна, созда-

вая вибрацию, может вызвать сход лавины. Снежный покров бывает в таком неустойчивом равновесии, что даже эхо становится одной из причин лавины. Из своего личного опыта я помню два случая схода лавин, вызванных вибрацией лыж, передававшейся снежной доске. Поскольку лыжники были почти на одном уровне с лавиной и снег под ними не сползал, не лопался, другой очевидной причины возникновения лавины нет. Во время взрывов, применяемых при борьбе с лавинами, вторичные лавины в результате ударной волны часто возникают на значительных расстояниях от места удара (судя по моему опыту, до мили).

Вибрация — наиболее обычное оружие, которое применяет охотник за лавинами. Благодаря взрывчатке он использует этот внезапный и резкий спусковой механизм, заставляя снег дать определенный ответ: быть или не быть лавине в том месте и в тот момент, которые выбирает сам лавинщик.

Для точного предсказания начала лавины специалист должен знать много факторов. Для измерения показателей устойчивости снега изобретены приборы. По крайней мере некоторые из факторов образования лавин нетрудно наблюдать.

Снежный покров — не однородная масса. Он состоит из ряда слоев, и каждый из них обладает различными свойствами, изменяющимися каждый день и каждый час. Более того, бывает, что характер снежного покрова различен даже на близлежащих склонах. Пока наблюдатель производит необходимые измерения, вся ситуация на склоне может измениться. Влияние факторов образования лавин также изменяется со временем и в связи с переменной погоды. Все это — непредсказуемые переменные.

Мне кажется, что некий очень сложный прибор, установленный на лавиноопасном склоне и постоянно следящий за непрерывным калейдоскопом сил в снежном покрове, позволит точно предсказывать лавины.

Полеты к Солнцу

Можно ли послать космический аппарат в окрестности Солнца? Как это сделать?

Нередко фантасты в рассказах о космических полетах рисуют картину ужасной катастрофы — падения космического корабля на Солнце. Иногда катастрофа происходит будто бы вследствие технической неисправности, иногда — из-за ошибки при управлении кораблем...

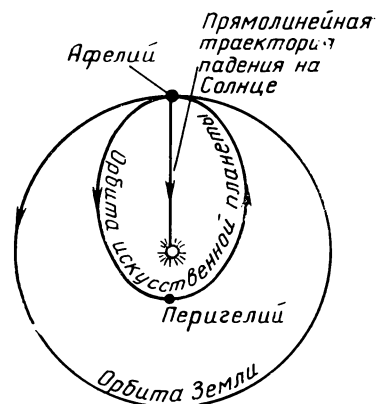
Между тем случайное падение на Солнце так же нелегко, как, скажем, неожиданное падение на Луну самолета, совершающего фигуры высшего пилотажа.

ОДНОИМПУЛЬСНЫЕ ПОЛЕТЫ К СОЛНЦУ

Чтобы вывести космический аппарат на прямолинейную траекторию падения на Солнце, требуется затратить очень большое количество энергии, т. е. весьма много ракетного топлива. Аппарат должен выйти из сферы действия Земли в сторону, противоположную ее орбитальному движению, со скоростью 29,77 км/сек. Тогда гелиоцентрическая скорость аппарата (скорость относительно Солнца) окажется равной нулю и начнется его падение на Солнце, которое продолжится 64 дня. А вырваться из сферы действия Земли со скоростью 29,77 км/сек космический аппарат сможет только в том случае, если ракета-носитель разгонит его до начальной скорости, равной 31,8 км/сек.

Эту скорость, обеспечивающую прямолинейное падение на Солнце (при должном направлении отлета с Земли, гарантирующем выход из сферы действия Земли в нужном направлении), иногда называют четвертой космической скоростью. Она почти вдвое больше третьей космической скорости (16,67 км/сек), обеспечивающей уход из Солнечной системы по гелиоцентрической параболе.

Вряд ли, однако, следует стремиться к обязательному входу космического корабля или зонда в фотосферу Солнца или хотя бы к тесному сближению с ним. Интенсивность солнечной радиации обратно пропорциональна квадрату расстояния от Солнца. Поэтому на расстоянии 0,1 а. е. от центра Солнца (15 млн. км) интенсивность облучения в 100 раз боль-



Траектории полета в окрестности Солнца

ше, чем на орбите Земли, а на расстоянии 0,05 а. е. — уже в 400 раз. Конструирование аппаратуры, безотказно действующей в условиях столь интенсивного облучения, представляет нелегкую задачу.

Если космический зонд выйдет из сферы действия Земли в сторону, противоположную направлению орбитального движения нашей планеты, со скоростью, меньшей 29,77 км/сек, то его гелиоцентрическая скорость выхода из сферы действия окажется меньше орбитальной скорости Земли. Зонд в качестве искусственной планеты направится внутрь орбиты Земли по эллиптической траектории, афелий которой находится на орбите Земли, а перигелий — на некотором заданном расстоянии от Солнца. Полеты в окрестности Солнца по траекториям, не касающимся орбиты Земли, а пересекающим ее под некоторыми углами (афелийное расстояние больше 1 а. е.), совершенно нецелесообразны, так как требуют больших начальных скоростей.

Расчеты показывают, что для достижения перигелийного расстояния 0,2 а. е. необходим выход из сферы действия Земли с геоцентрической скоростью 12,59 км/сек, чему соответствует начальная скорость отлета (условно предполагается, что она достигнута у земной поверхности), рав-

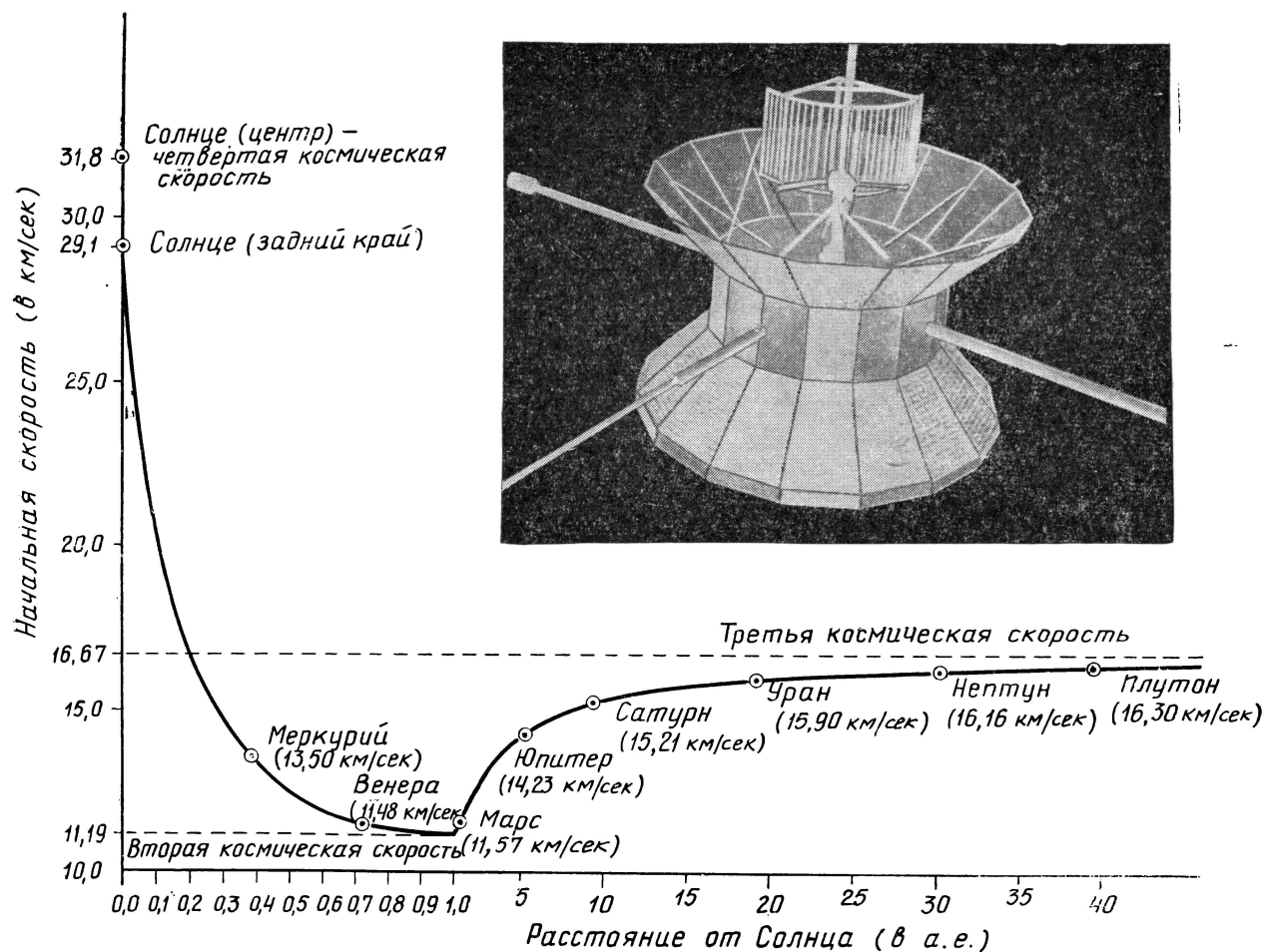


График зависимости начальных скоростей отлета с Земли от расстояний до Солнца. Масштаб участка до 1 а. е. на оси абсцисс в 20 раз больше масштаба внешнего участка оси. Наряду с данными, относящимися к орбитам искусственных планет, которые лежат внутри орбиты Земли (их афелии на расстоянии 1 а. е. от Солнца), приводятся данные для орбит внешних искусственных планет (перигелии на расстоянии 1 а. е. от Солнца). Каждый новый шаг в продвижении перигелиев внутренних орбит к Солнцу требует все большего возрастания начальной скорости. При полетах же к окраинам Солнечной системы афелии отодвигаются на колоссальные расстояния при ничтожных возрастаниях начальной скорости. Это отчетливо видно, хотя масштабы расстояний на оси абсцисс отличаются в 20 раз для внутренних и внешних орбит. Вверху справа: один из вариантов проектируемого в ФРГ солнечного зонда «Гелиос»

ная 16,84 км/сек. Эта величина несколько превышает третью космическую скорость. Таким образом, приближение к Солнцу на расстояние, меньшее 0,2 а. е., требует значительно больших скоростей, чем скорости полетов к самым далеким планетам Солнечной системы (включая неоткрытые «заплутонные»).

Наиболее тесное сближение с Солнцем теоретически достигается тогда, когда орбита искусственной

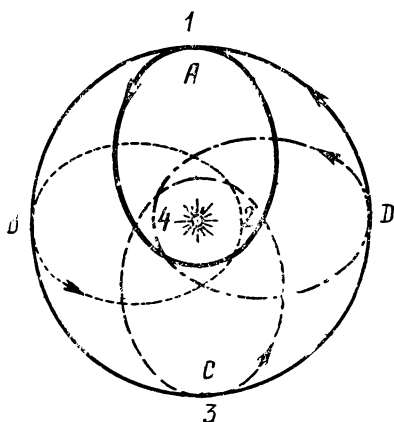
планеты касается края Солнца, противоположного точке орбиты Земли, в которой наша планета находилась в момент старта. Период обращения по такой орбите равен 128 суткам. Это означает, что перигелий, проходимый со скоростью 615 км/сек, достигается через 64 дня. Необходимая скорость старта с Земли (29,1 км/сек) — теоретически минимальная, обеспечивающая достижение Солнца.

Следует помнить, что технические

трудности всегда возрастают гораздо быстрее, чем увеличивается потребная скорость. Например, как показывают расчеты, масса космического аппарата, стартующего с околоземной орбиты, чтобы вплотную приблизиться к Солнцу, в 10—15 раз больше массы космического аппарата, который должен подойти к Солнцу на расстояние 0,15 а. е. (22,5 млн. км). А ведь во втором случае отлет с орбиты происходит со скоростью при-

мерно 10 км/сек, в первом — лишь вдвое большей. (Предполагается, что двигатели аппаратов работают на высокоэнергетическом топливе, обеспечивающем скорость истечения 5 км/сек.)

К счастью, система управления солнечным зондом значительно проще и менее массивна, чем у космических аппаратов, направляющихся к планетам. Не нужна, например, корректирующая двигательная установка. Поэтому вполне реально уже в ближайшие годы приблизиться к Солнцу на несколько десятков миллионов километров.



Система из четырех искусственных планет — солнечных зондов с полугодовым периодом обращения. Запуск зонда 1 происходит, когда Земля находится в точке А своей орбиты. Через три месяца производится запуск зонда 2 в точке В земной орбиты, еще через три месяца — зонда 3 в точке С и через девять месяцев после первого старта — четвертый запуск в точке D. Через три месяца после последнего запуска искусственные планеты 1, 2, 3, 4 располагаются в углах ромба. Еще через три месяца возникает новая ромбическая конфигурация в положении, повернутом на 90° по отношению к предыдущей, которая повторится через следующие три месяца. В эти моменты ближайшие к Солнцу искусственные планеты позволят одновременно исследовать два противоположных солнечных полушария, причем планеты будут находиться на линии, перпендикулярной линии Солнце — Земля, т. е. в положениях, благоприятствующих приему радиосигналов на Земле.

Известно, что на июль 1974 и октябрь 1975 гг. намечаются запуски солнечных зондов «Гелиос» с помощью американской ракетной системы «Атлас — Центавр — Бёрнер-2». Зонды конструируются в ФРГ. Масса каждого около 250 кг. Их расстояние от Солнца в перигелии должно составить примерно 0,3 а. е. (при использовании ракеты-носителя «Титан-3Д — Центавр — Бёрнер-2» даже 0,2 а. е.), в афелии — 1 а. е. Предполагается, что приборы зонда сообщат результаты 10 различных экспериментов, связанных с исследованием межпланетного газа, солнечного ветра, магнитного поля, микрометеоритов, электромагнитных излучений в различных диапазонах спектра, космических лучей.

По мнению зарубежных специалистов, приближение к Солнцу на расстояние, меньше 0,1 а. е., обеспечат ядерные двигатели, установленные на верхних ступенях ракет-носителей (скорость истечения порядка 10 км/сек).

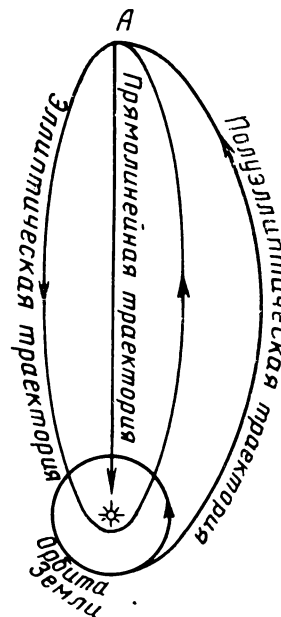
В 1967 г. было предложено создать для исследования Солнца систему из четырех искусственных планет с полугодовым периодом обращения. Их орбиты должны касаться орбиты Земли и иметь перигелии на расстоянии 0,26 а. е. от Солнца.

ДВУХИМПУЛЬСНЫЕ МАНЕВРЫ

Существует возможность достичь окрестностей Солнца со значительно меньшими энергетическими затратами, чем те, которые до сих пор рассматривались, если применить двухимпульсный маневр. Пошлем космический аппарат по эллиптической траектории, касающейся орбиты Земли, на периферию Солнечной системы. Необходимая для этого скорость отлета с Земли не должна превышать третью космическую скорость — 16,67 км/сек. Если афелий эллиптической траектории достаточно далек, то скорость в нем настолько мала, что небольшого запаса топлива на космическом аппарате будет достаточно, чтобы бортовой двигатель полностью погасил ее. Тогда аппарат перейдет на прямолинейную траекторию паде-

ния на Солнце. Если скорость погасится не полностью, то аппарат окажется на эллиптической траектории приближения к Солнцу. Сумма скорости отлета с Земли и скорости, сообщаемой бортовым двигателем в достаточно далеком афелии для торможения аппарата, может лишь ненамного превысить третью космическую скорость — и Солнце будет достигнуто! Неполное торможение скорости в далеком афелии обеспечивает экономию в расходе топлива по сравнению с одноимпульсным полетом, если ставится цель приближения к Солнцу меньше чем на 0,2 а. е.

Пусть афелий находится на расстоя-



Двухимпульсный маневр полета к Солнцу. Траектория удаления от Солнца — полуэллиптическая. При полном погашении скорости в афелии А космический аппарат окажется на прямолинейной траектории падения на Солнце. Если скорость в афелии А не будет погашена полностью, аппарат перейдет на эллиптическую траекторию приближения к Солнцу.

нии 20 а. е. от Солнца (за орбитой Урана). Тогда скорость отлета должна составлять 15,8 км/сек, а скорость в афелии, которую надо погасить, чтобы обеспечить падение на Солнце, окажется равной 2,0 км/сек, т. е. энергетические затраты будут характеризоваться суммарной скоростью 17,8 км/сек. Если переместить афелий на расстояние орбиты Плутона, то эта величина почти не уменьшится. Достижение еще более далеких афелиев хотя и не представляет затруднений, но не имеет смысла, так как даже в случае «зауранного» двухимпульсного маневра полет к Солнцу должен продолжаться 33 года (17 лет удаления за орбиту Урана и почти 16 лет падения на Солнце). Такая продолжительность двухимпульсных полетов к Солнцу, конечно, ставит под сомнение их практическую целесообразность.

СТАЦИОНАРНЫЙ СПУТНИК СОЛНЦА

С помощью двухимпульсного маневра может быть выведена на круговую орбиту вокруг Солнца искусственная планета. Однако выведение на относительно близкие к Солнцу орбиты требует очень больших энергетических затрат. Например, для запуска стационарного спутника Солнца на орбиту радиусом 0,172 а. е. с периодом обращения 26 суток надо, чтобы скорость отлета с Земли равнялась 17,69 км/сек, а скорость торможения в перигелии переходной орбиты составляла 21,6 км/сек (скорость в перигелии снижается с 93,4 км/сек до местной круговой 71,8 км/сек). Суммарная характеристическая скорость столь велика, что для выведения на орбиту 200 кг полезной нагрузки понадобится смонтировать на околоземной орбите огромный пятиступенчатый космический аппарат массой 200 т. (скорость истечения 5 км/сек). Для этого нужно запустить с Земли не менее двух таких ракет-носителей, как лунная ракета «Сатурн-5». А ведь масса 200 кг не столь уж велика, если учесть необходимость какой-то защиты от солнечного излучения, в 33,8 раза более интен-

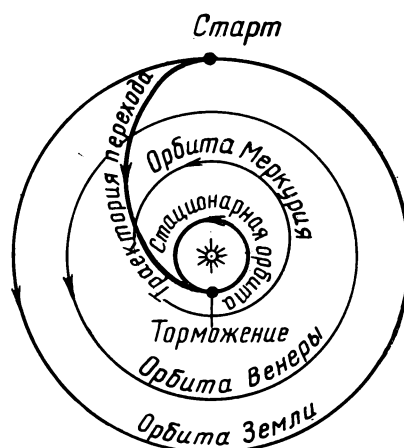


Схема запуска стационарного спутника Солнца

сивного на расстоянии 0,172 а. е. от Солнца, чем на Земле. Запуск одного автоматического стационарного спутника Солнца эквивалентен по энергетическим затратам (но не по сложности маневров) нескольким лунным экспедициям.

Орбита, о которой шла речь, может быть названа стационарной лишь условно, так как она расположена в плоскости эклиптики, а не в плоскости солнечного экватора (угол наклона, однако, лишь $7^{\circ} 15'$), и поскольку период вращения Солнца различен на разных широтах.

ПЕРТУРБАЦИОННЫЕ МАНЕВРЫ

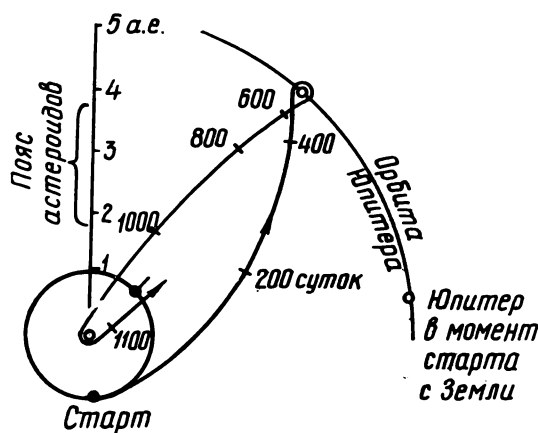
Наибольший интерес представляет полет к Солнцу с пертурбационным

маневром, т. е. за счет силы притяжения какого-либо небесного тела при его попутном пролете. Особенно заманчиво воспользоваться мощным притяжением Юпитера, которое бы отбросило космический аппарат к центру Солнечной системы.

Большие надежды возлагаются на попутный пролет Венеры. Для достижения окрестностей Солнца предлагалось, например, дважды использовать в одном полете гравитационное воздействие Венеры. После первого пролета сферы действия Венеры аппарат переводится на орбиту, перигелий которой расположен ближе к Солнцу, чем перигелий траектории полета к Венере. Двигаясь по новой орбите, космический аппарат снова окажется в сфере действия Венеры и, выйдя из нее, направится к еще более близкому к Солнцу перигелию.

ПОЛЕТЫ С МАЛОЙ ТЯГОЙ

В качестве источника энергии для перемещения космического аппарата к центру нашей планетной системы естественно попытаться использовать мощный поток солнечной радиации. Солнечные лучи могут концентрироваться специальными рефлекторами для нагрева рабочего тела — жидкого водорода, находящегося на борту космического аппарата, предварительно выведенного на околоземную орбиту. Истечение водорода создает весьма малую тягу, сообщаящую космическому аппарату ускорение



Траектория облета Юпитера, приводящая космический зонд в окрестность Солнца, при начальной скорости отлета с Земли 15,3 км/сек. Космический аппарат, пройдя мимо Юпитера на расстоянии 5,3 его радиуса от центра, окажется отброшенным к Солнцу и пролетит мимо него на расстоянии 0,2 а. е.

порядка 10^{-3} — 10^{-2} g ($g=9,81$ м/сек²). Подобный гелиотермический двигатель может действовать непрерывно в течение многих месяцев. Под действием малой тяги, совпадающей с направлением полета, космический аппарат сначала по раскручивающейся спирали удалится от Земли, а затем, выйдя из ее сферы действия (в направлении, противоположном движению Земли), по скручивающейся спирали начнет приближаться к Солнцу. Тяга будет тормозить движение относительно Солнца, и спуск к Солнцу уподобится опусканию орбиты спутника Земли из-за сопротивления атмосферы.

Аналогично осуществляется управление малой тягой электрического двигателя при полете к Солнцу. Необходимая энергия в этом случае будет черпаться от солнечных батарей,

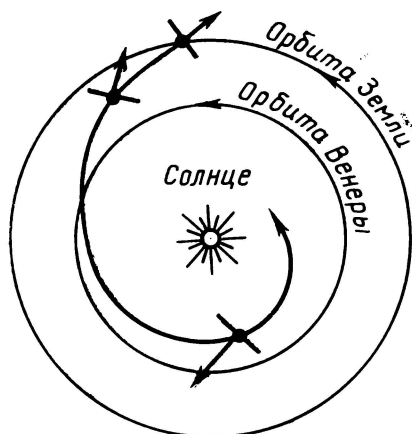


Схема ориентации солнечного паруса при его приближении по спирали к Солнцу. Стрелки указывают направление тяги в различные моменты времени

особенно эффективно действующих по мере приближения к Солнцу.

Наконец, теоретически можно использовать давление солнечного света на тонкую отражающую поверхность большой площади — солнечный парус — для разгона космического аппарата и его торможения после выхода из сферы действия Земли. Однако даже перемещение к Солнцу небольших полезных нагрузок требует создания парусов весьма значительных размеров (сотни метров в поперечнике). Технологические проблемы, возникающие при конструировании солнечного паруса, наряду с проблемой управления его ориентацией столь сложны, что этот «экзотический» метод исследования космического пространства все еще находится на стадии математических исследований.

ПОЛЕТ «АПОЛЛОНА-16»

16 апреля 1972 г. ракета-носитель «Сатурн-5» с космическим кораблем «Аполлон-16» стартовала с мыса Кеннеди (штат Флорида, США). Экипаж «Аполлона-16»: командир корабля Джон Янг, пилот основного блока Томас Маттингли и пилот лунной кабины Чарльз Дьюк.

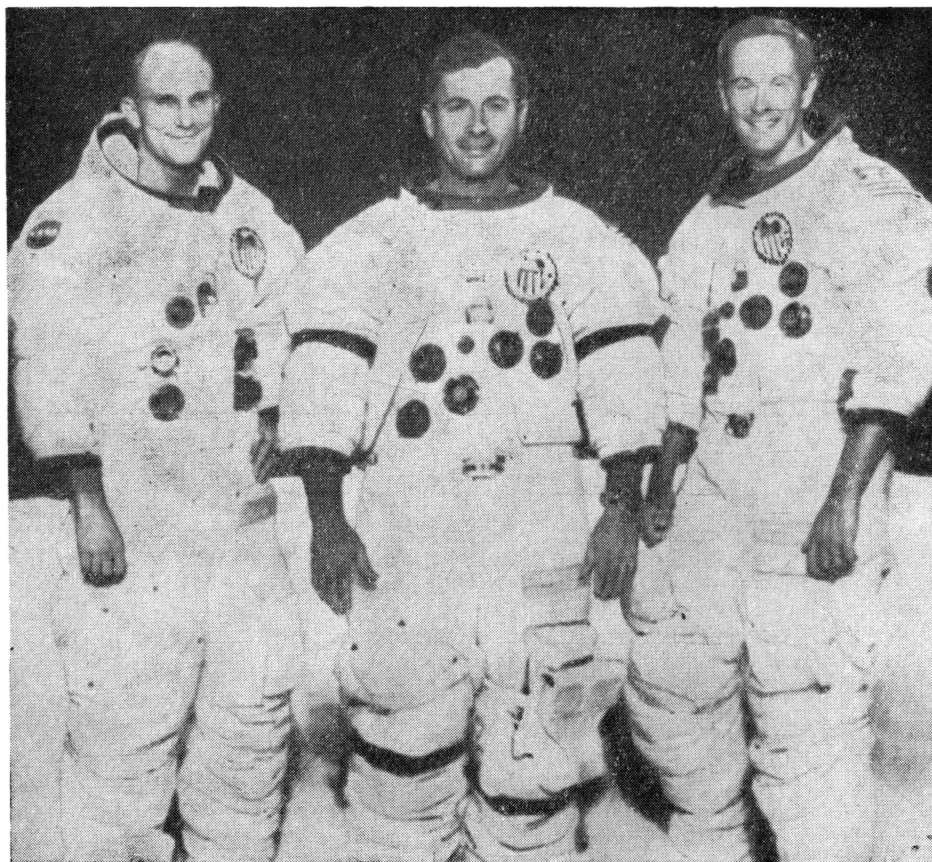
21 апреля лунная кабина «Аполлона-16» совершила посадку на Луну, в холмистом предгорье, неподалеку от кратера Декарт.

Космонавты Янг и Дьюк находились на Луне более 71 часа, из которых 20 часов 14 минут они провели вне лунной кабины.

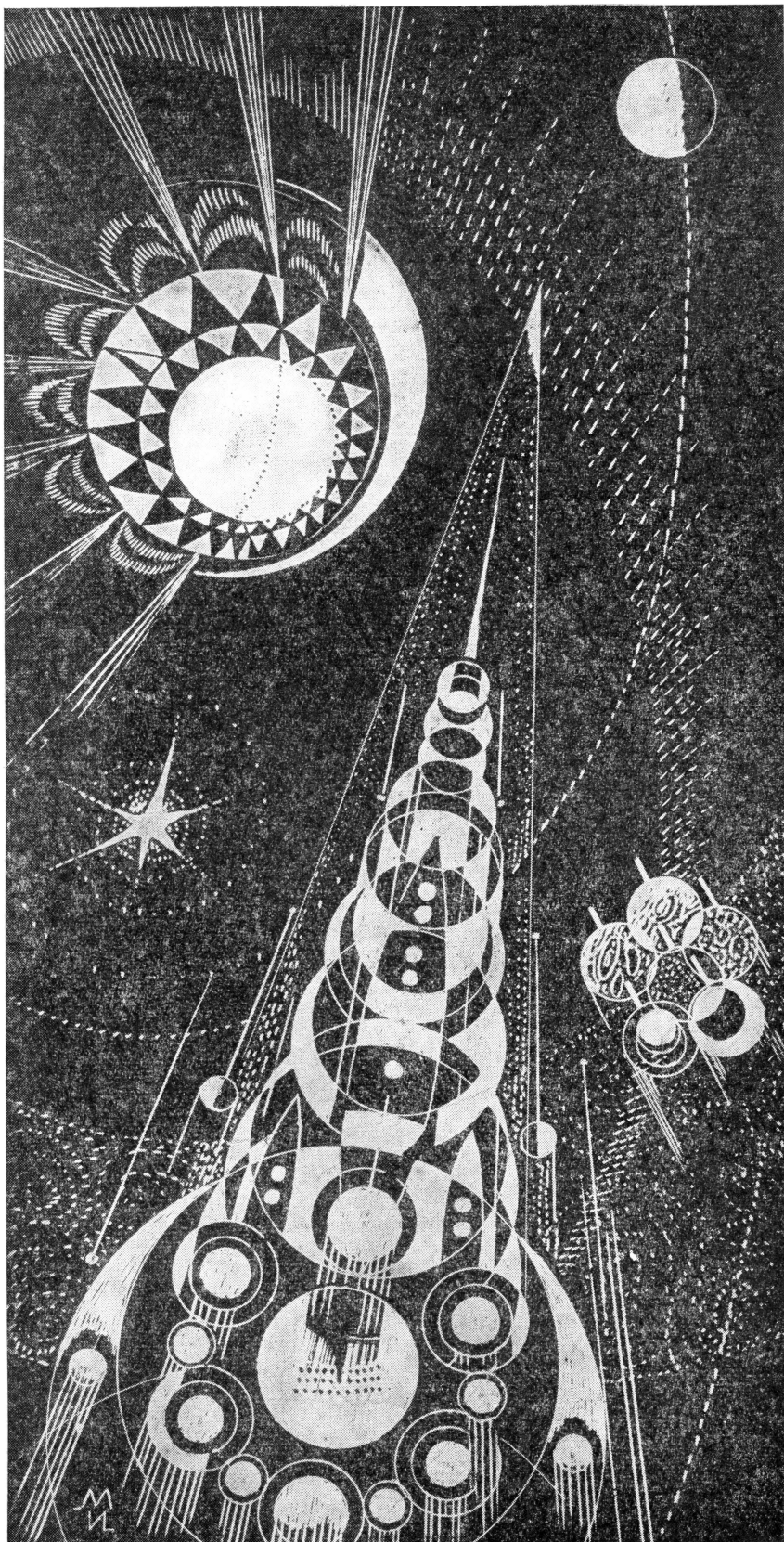
24 апреля лунная кабина стартовала к основному блоку. Поздно вечером 27 апреля «Аполлон-16» благополучно приводнился в центральной части Тихого океана.

Председатель Президиума Верховного Совета СССР Н. В. Подгорный поздравил Президента США Ричарда М. Никсона с успешным завершением полета космического корабля «Аполлон-16» и передал наилучшие пожелания отважным космонавтам Джону Янгу, Чарльзу Дьюку и Томасу Маттингли.

В ближайших номерах журнала «Земля и Вселенная» мы познакомим наших читателей с подробностями новой лунной экспедиции и ее научными результатами.



Космонавты «Аполлона-16» Томас Маттингли, Джон Янг и Чарльз Дьюк перед стартом



Л. И. ГУДЗЕНКО

кандидат физико-математических
наук

Нужны ли фотонные ракеты?

«Нужны ли фотонные ракеты?» — такой вопрос нередко задают читатели, увлеченные проблемой полетов к звездам.

ОТ ЗВЕЗДЫ ДО ЗВЕЗДЫ, ОТ ГАЛАКТИКИ К ГАЛАКТИКЕ...

Уже не только фантастические романы, но и песни посвящаются будущим посланцам Земли, караванам ракет, мчащимся от звезды до звезды. А ведь всем известно, что даже от ближайшей звезды свет добирается до нас более четырех лет. Значит, звездолет придется разгонять до скорости, близкой к световой ($c = 3 \cdot 10^5$ км/сек). Согласно релятивистской механике, все процессы на таком звездолете замедлились бы по сравнению с текущими на Земле. Путешествие к другой галактике со скоростью, достаточно близкой к c , продлится по земным часам много тысячелетий, а для самих путешественников — всего несколько лет*.

В соответствии с принципом реактивного движения ракета набирает скорость, отбрасывая назад через сопло струю «рабочего вещества». Обозначим через m_u массу, оставшуюся после разгона ракеты до скорости u ; m_u связана со стартовой массой m_0 и со скоростью v истечения рабочего вещества формулой:

$$\frac{m_u}{m_0} = \left(\frac{c - u}{c + u} \right)^{c/2v}$$

Сразу видно, что при $u \ll c$ необходимая масса рабочего вещества нереализуемо велика. Если при скорости ракеты $u = 0,99 c$ в качестве m_u взять 1 т, то в случае истечения газа из сопла со скоростью 150 км/сек стартовая масса должна составить $m_0 = 10^{2300}$ т, что во много раз больше массы всей нашей Галактики.

Для экономии массы лучше всего использовать фотоны. Так рождается идея фотонной ракеты. При тех же u и m_u , если $u = c$, начальная масса фотонной ракеты окажется равной 14 т. В этом случае рабочего веществ-

ва потребуется 13 т. Но теперь через сопло необходимо выбросить в виде электромагнитного излучения все эти 13 т. Выброшенное излучение будет обладать громадной энергией, которая более чем в 10 раз превысит всю энергию, потребляемую в настоящее время человечеством за целый год на заводах, транспорте, городском хозяйстве и т. п. Источник же такой колоссальной энергии должен уместиться в 14-тонной ракете. Ничего похожего на столь емкий аккумулятор пока нет. Не будем поэтому говорить о реальности «настоящей» фотонной ракеты. Впрочем, с идеей фотонной ракеты связан ряд интересных проблем.

ПРОБЛЕМА ЗЕРКАЛ

К сожалению, нельзя направить поток фотонов через сопло зеркалами, поскольку любой твердый отражатель при столь больших интенсивностях облучения мгновенно испарится. Обсудим поэтому такую схему ракеты, в которой свет выводится из оптического генератора в расположенные друг за другом каскады усиления нарастающей мощности.

Как же работает такое устройство? Фотон обладает импульсом. Последний воспринимается излучающим атомом как «отдача». В твердотельной активной (т. е. усиливающей свет) среде импульсы фотонов «встречаются» уже со всем кристаллом и передаются в виде давления ракете через опоры. Рубиновый или неодимовый (а тем более, какой-нибудь полупроводниковый) лазер не пригоден для фотонной тяги: слишком мало отношение тяги к весу активного твердотельного вещества. Но главная помеха — разрушение кристаллической решетки при небольших концентрациях энергии. Активной средой в такой ракете может быть только ионизованный плотный газ — плазма.

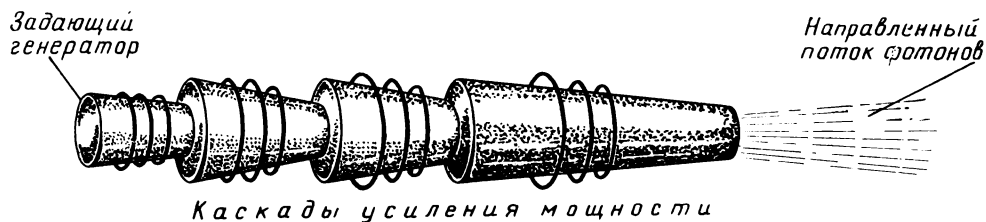
А будет ли усиливать излучение такая грубая и беспокойная среда, как плазма? Будет, и весьма неплохо; это доказали около десяти лет назад. Детальные расчеты обнадежили исследователей: плотная плазма сохраняет усилительные свойства даже тогда, когда значительно изменяются температура и давление. В такой среде может быть достигнута довольно большая удельная тяга (т. е. тяга, приходящаяся на единицу массы плазмы). Атомы, соударяясь, отдадут приобретенные ими при излучении импульсы всей плазме. Магнитные ловушки удержат плазму и передадут ее направленное давление кораблю. Так применение плазменного лазера позволит обойти (или ослабить) трудности, называемые проблемой зеркал. Но основная проблема — необходимость нереально емкого источника энергии, конечно, остается.

ЗАЧЕМ ГОВОРИТЬ О ТОМ, ЧЕГО НЕ МОЖЕТ БЫТЬ

О фотонной ракете пишут и говорят не только фантасты, обычно забываящие о принципиальной осуществимости упоминаемого устройства меньше, чем об его цвете и названии. Даже физики время от времени посвящают фотонной ракете статьи и книги. Писателю фотонная ракета позволяет умчать героев романа с Земли в другую звездную систему для того, чтобы заинтересовать читателей приключениями, рассказать о поведении людей в необычных ситуациях. Введенные в такие романы описания различных аппаратов преследуют чаще всего вспомогательную цель — создать ощущение правдоподобия и доверия к излагаемым событиям и переживаниям героев. У представителей точных наук отношение к фотонной ракете должно быть иным.

Имеет ли вообще право физик или

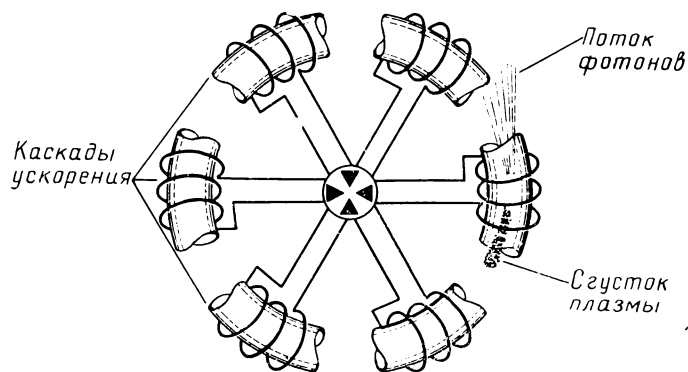
* Л. М. Гиндилис. Межзвездные перелеты. «Земля и Вселенная», № 5, 1971 г.



Фотонная ракета на плазменных лазерах

химик, инженер или математик обсуждать в научной печати детали, если он не видит реального пути решения проблемы в целом? Тот, кто знакомился с историей точных наук, знает, какую роль в развитии термодинамики, теории относительности или квантовой механики сыграли «мысленные эксперименты» с невесомыми, полностью отражающими свет зеркалами, с идеальными масштабами и часами, с изолированными атомами. В любом явлении природы (так же как и в каждом лабораторном эксперименте) существенно участие многих законов. Законы природы составляют как бы координатный базис, в котором выражаются все «рядовые» свойства материи. Но при анализе фундаментальных вопросов приходится моделировать «идеализированные схемы», где проявляются один или два обсуждаемых закона. Фотонная ракета и есть, очевидно, одна из таких схем.

Не надо торопиться с выводом, что огромная энергия небольшого релятивистского корабля и заведомая нереализуемость ортодоксальной схемы хоронят красивую и поучительную идею фотонной ракеты. Желание поскорее «закрыть» ту или иную необычную проблему не так уж редко. Не станем здесь останавливаться на психологии творчества, не будем рассуждать о переходе осмотрительности в трусость или смелости в легкомыслие. Вместо этого совсем кратко коснемся некоторых «практических» аспектов анализа схемы фотонной ракеты.



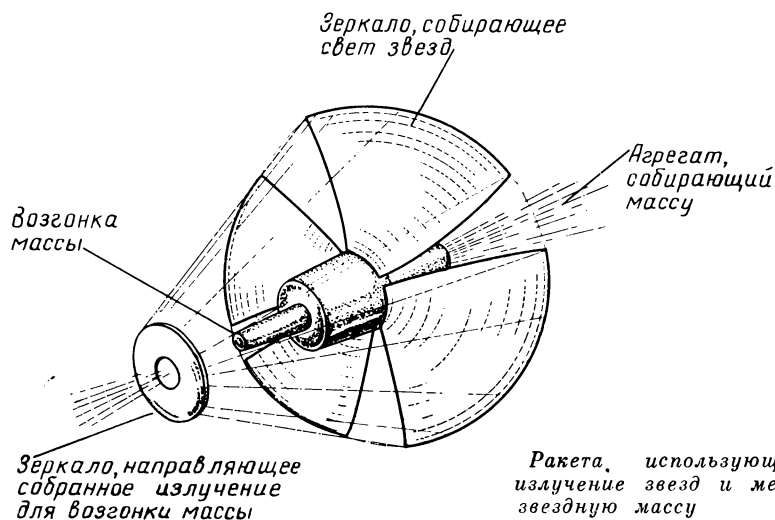
Усилитель плазмы

«НЕНАСТОЯЩИЕ» ФОТОННЫЕ РАКЕТЫ

Решая проблему зеркал с помощью лазеров на плазме, нужно обеспечить устройство, удерживающее плазму в ракете. В противном случае однонаправленно излучающая плазма, ускоряясь, начнет уходить.

Это неплохой способ ускорения в лаборатории.

Представим себе, что плазменный сгусток движется вдоль круговых силовых линий магнитного поля; поперек движения поле нарастает, создавая «магнитные стенки», мешающие плазме уйти в стороны от центральной орбиты. Если «стенки» периоди-



Ракета, использующая излучение звезд и межзвездную массу

чески сближать (нагнетая в плазму энергию) и затем быстро раздвигать (остужая адиабатически расширяющийся сгусток), плазма окажется неравновесной средой, усиливающей излучение. Повышенная отражательная способность передней части сгустка приведет к преимущественному излучению назад, а значит, — к ускорению плазмы собственным излучением.

Такие ускорители еще не созданы, но подобная ситуация может возникнуть как в лабораторных экспериментах, так и в природных условиях. Ее должны учитывать и конструкторы плазменных лазеров, поскольку эффект ускорения приведет к нежелательным механическим нагрузкам и к интенсивному перемешиванию плазмы, облегчающему отведение из нее избыточного тепла.

Вернемся к ракетам. Нельзя ли смягчить требования к удельной энергии, чтобы фотонная тяга оказалась практически реализуемой? Прежде всего, неоправданно велики затраты при разгоне звездолета до скорости, столь близкой к c , что уже становится заметным релятивистское замедление процессов на ракете. Ведь при всей громадности энергии выброшенных из ракеты 13 т фотонов процессы на корабле замедлятся только в 7 раз. Ясно, что столь малое замедление (при фантастическом по емкости аккумуляторе) никак не решает проблему путешествий к звездам, удаленным от нас на тысячи световых лет. Длительность же полета по земным часам практически не изменилась бы и при дальнейшем увеличении скорости. Поэтому имеет смысл ограничиться большими, но нерелятивистскими скоростями фотонной ракеты. Например, при $u = 0.1$ с на 1 т конечной массы ракеты уже понадобится «только» центнер излучения.

Когда говорят о фотонной ракете, обычно предполагают, что весь запас энергии и массы корабль уносит со старта. Трудности создания межзвездной ракеты существенно смягчаются, если эти запасы могли бы пополняться во время полета. Заметим, что количество лучистой энергии и массы вблизи звезд весьма велико.

В ПОЛЕТЕ — «ПРОГНОЗ»

В соответствии с программой исследований космического пространства 14 апреля 1972 г. в 3 часа 54 минуты московского времени в Советском Союзе осуществлен запуск автоматической станции «Прогноз».

Станция предназначена для изучения процессов солнечной активности, их влияния на межпланетную среду и магнитосферу Земли. Вес станции — 845 кг.

Станция выведена на высокоэллиптическую орбиту спутника Земли со следующими параметрами: максимальное расстояние от поверхности Земли (в апогее) — 200 тыс. км; минимальное расстояние от поверхности Земли (в перигее) — 950 км; период обращения вокруг Земли — 97 часов; наклонение орбиты — 65° .

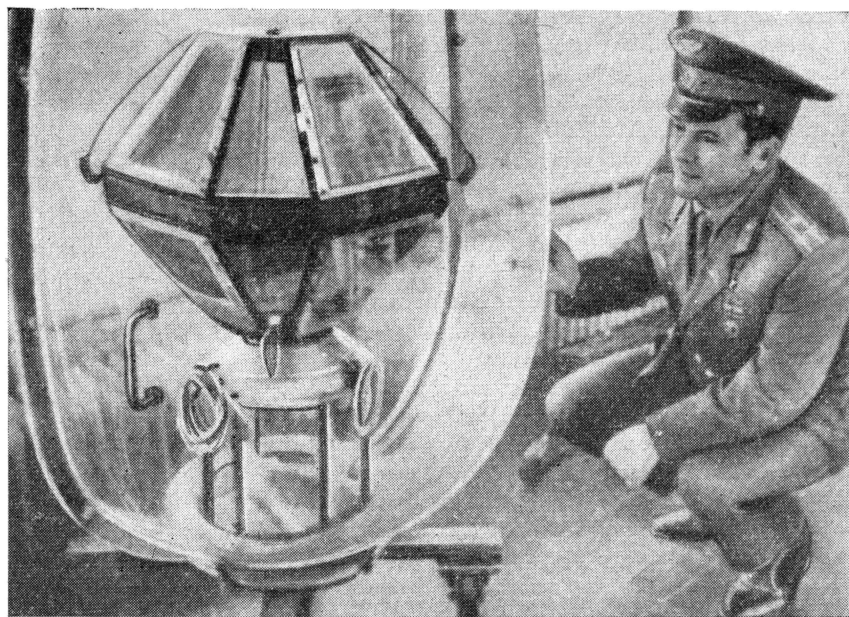
Вывод станции на расчетную траекторию осуществлялся с промежуточной орбиты искусственного спутника Земли.

На борту автоматической станции «Прогноз» установлена научная аппаратура, предназначенная для исследования корпускулярного гамма- и рентгеновского излучений Солнца, потоков солнечной плазмы и их взаимодействия с магнитосферой Земли, а также дальнейшего изучения магнитных полей в околоземном космическом пространстве.

Кроме научной аппаратуры на борту станции имеются: радиопередатчик, работающий на частоте 928,4 мгц, радиосистема точного измерения элементов орбиты, радиотелеметрическая система для передачи на Землю данных о работе приборов и научной аппаратуры.

По данным телеметрической информации, все бортовые системы и научная аппаратура станции работают нормально. Координационно-вычислительный центр ведет обработку поступающей информации.

Сообщение ТАСС



Как уже сообщалось, 4 апреля 1972 г. с советского космодрома мощной ракетой-носителем на орбиту искусственного спутника Земли выведены два космических аппарата: советский спутник связи «Молния-1» и французский малый автономный спутник МАС. Это еще один пример сотрудничества СССР и Франции в освоении космического пространства.

На снимке — летчик-космонавт СССР П. Р. Попович у технологического спутника МАС во время посещения Космического центра Бретиньи (Франция) в мае 1971 г. (Фотография заимствована из журнала «La recherche spatiale», 4, 1971)

Софья Васильевна Ворошилова-Романская

Софья Васильевна Ворошилова-Романская — первая русская женщина астроном-наблюдатель. Более полувека она отдала служению астрометрии, занимаясь определением широт.

Софья Васильевна родилась в Петербурге 16 августа 1886 г. в семье конторского служащего. В 1903 г. она с золотой медалью окончила гимназию и поступила на физико-математическое отделение Высших женских (Бестужевских) курсов.

Трудовую деятельность Софья Васильевна начала уже в 1904 г. Вынужденная зарабатывать себе на жизнь, она давала частные уроки. В том же году Софья Васильевна выполнила первые астрономические вычисления для Пулковской обсерватории. Она мечтала работать на этой обсерватории, и в 1908 г. ее мечта осуществилась. Софья Васильевна проработала на Пулковской обсерватории 51 год. Почти все эти годы она посвятила изучению проблемы изменчивости географических широт и движения земных полюсов*.

Эта проблема настолько важна, что в 1899 г. была организована Международная служба широты (теперь Международная служба движения земных полюсов), в которую вошли несколько станций, снабженных однотипными инструментами — зенит-телескопами. В 1904 г. Большой зенит-телескоп (ЗТФ-135) был установлен и в Пулкове. Его изготовил в мастерской обсерватории механик Г. А. Фрейберг. Этот телескоп оказался первоклассным по точности. В 1918 г. на зенит-телескопе Софья Васильевна начала регулярные наблюдения ши-

рот и вела их до 31 декабря 1956 г. Она опубликовала 21 научную работу и выполнила около 23 500 высокоточных наблюдений широт.



Софья Васильевна Ворошилова-Романская (1886—1969)

* А. А. Михайлов. Движение земных полюсов. «Земля и Вселенная», № 6, 1970 г.; М. Г. Кагановский и О. С. Турсунов. На Международной параллели. «Земля и Вселенная», № 1, 1972 г. (Прим. ред.)

С 1918 г. по 1928 г. С. В. Ворошилова-Романская участвовала в наблюдениях широт по расширенной программе, когда наблюдения проводятся от вечерней зари до утренней. Зимой продолжительность таких наблюдений в Пулкове на широте 60° составляет более 18 часов. За время осуществления этой программы, требующей большой затраты сил, сменилось несколько наблюдателей-мужчин, лишь одна Софья Васильевна участвовала в них до конца. Она определила суточную составляющую в колебаниях широт и уточнила постоянные aberrации света и нутации земной оси. Последние две величины входят в число фундаментальных постоянных астрономии. Софья Васильевна определила их с очень большой точностью. В 1937 г. Президиум Академии наук СССР присвоил Софье Васильевне за обработку наблюдений широт с 1920 по 1925 г. ученую степень кандидата физико-математических наук.

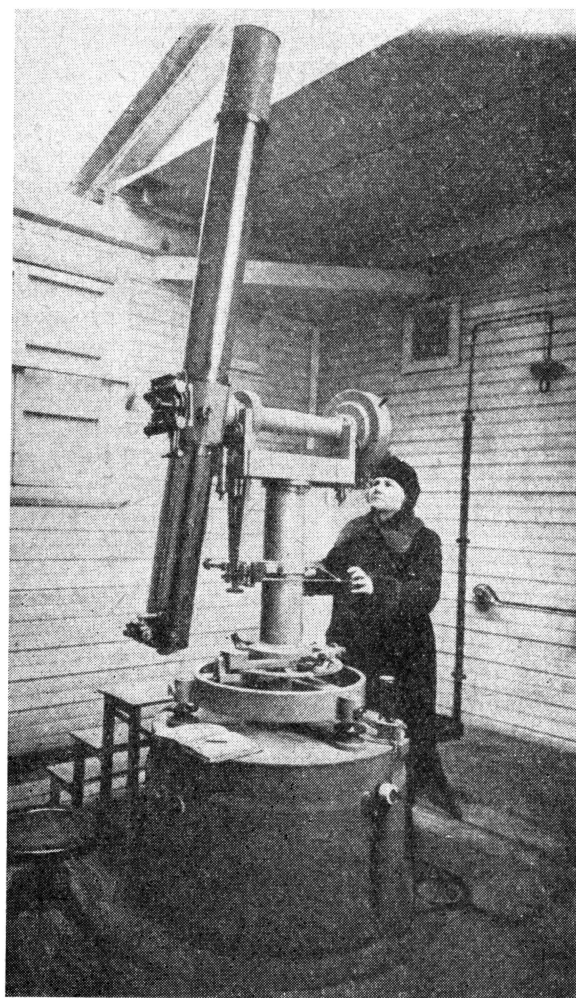
Самые трудные годы блокады Софья Васильевна прожила в Ленинграде. Она несла круглосуточные дежурства в противовоздушной обороне города. Чтобы заглушить чувство голода, начала изучать итальянский язык и даже выдержала экзамен.

Известие об окончании войны застало Софью Васильевну в Казани. Она возвращается в Ленинград, в разрушенную Пулковскую обсерваторию. Большой зенит-телескоп и некоторые другие инструменты обсерватории в годы войны хранились в подвалах Академии наук. Благодаря энергии и энтузиазму Софьи Васильевны и ее коллег ЗТФ-135 стал первым инструментом, на котором в 1947 г., за несколько лет до восстановления обсерватории, возобновились регулярные наблюдения широт. Вскоре Пулковская обсерватория включилась в общую международную работу по изучению изменчивости широт и движения земных полюсов.

В 1951—1959 гг. Софья Васильевна руководила группой наблюдателей, работавших на ЗТФ-135. В 1951 г. ее назначили заместителем заведующего отделом астрономических постоянных Главной астрономической обсерватории АН СССР.

В последние годы жизни Софья Васильевна работала над докторской диссертацией, которая должна была подвести итоги наблюдений широт на Большом зенит-телескопе с 1915 по 1941 г. Болезнь и смерть прервали эту работу.

За долголетний безупречный труд, за успехи, достиг-



С. В. Ворошилова-Романская проводит наблюдения на Большом зенит-телескопе

нутые в науке, за патриотизм С. В. Ворошилова-Романская награждена орденом Ленина и четырьмя медалями.

Л. Д. КОСТИНА
кандидат физико-математических наук



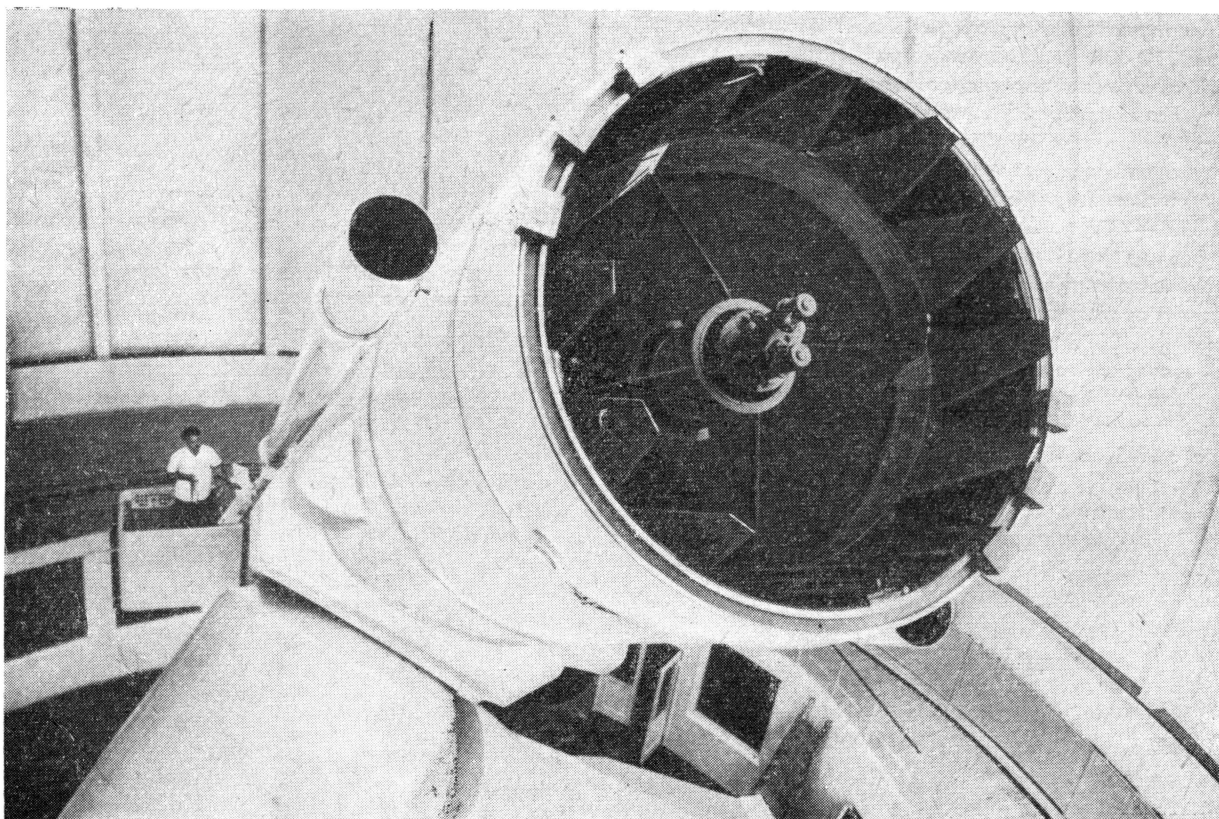
Астрономия и геодезия в Азербайджане Бакинский пленум Центрального совета ВАГО

15—18 марта 1972 г. в столице Азербайджана — городе Баку состоялся очередной пленум Центрального совета Всесоюзного астрономо-геодезического общества при Академии наук СССР.

Обычно на ежегодно созываемых пленумах Центрального совета ВАГО преимущественно обсуждаются итоги работы общества. Это нашло отражение и в программе бакинского пленума, но основным ее пунктом было развитие астрономии и геодезии в Азербайджане. Включив в повестку

дня такой важный вопрос, ВАГО стремилось помочь азербайджанским астрономам и геодезистам в их работе, познакомить участников пленума (представлявших почти 50 городов страны) с развитием астрономических исследований и геодезических работ в Азербайджанской ССР.

Доклад о состоянии и перспективах развития астрономии в Азербайджане сделал директор Шемахинской астрофизической обсерватории, председатель Азербайджанского отделения ВАГО, доктор физико-математиче-



Крупнейший телескоп Шемахинской астрофизической обсерватории. Диаметр зеркала 2 м

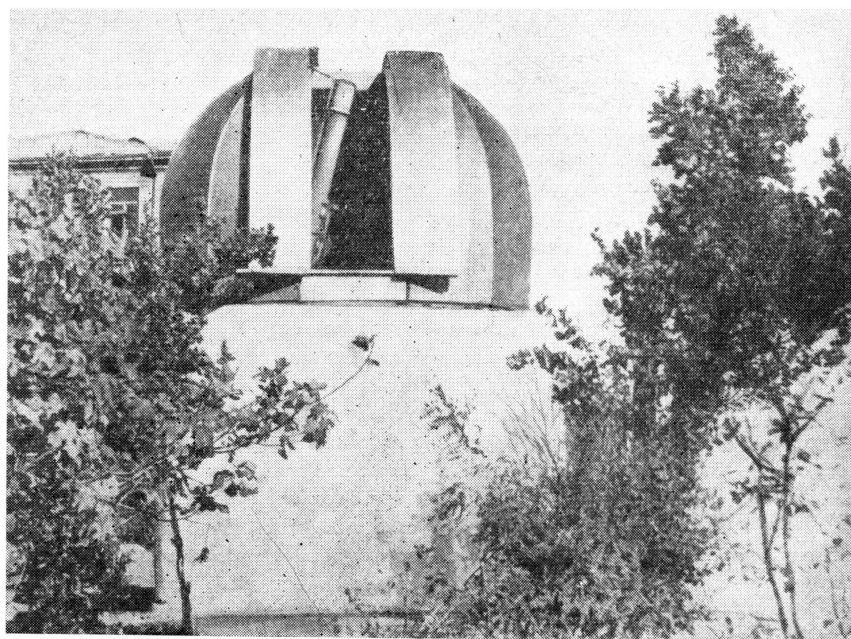
ских наук Г. Ф. Султанов *. Доцент Д. М. Кули-заде рассказал собравшимся о подготовке астрономических кадров в Азербайджанском государственном университете.

17 марта было проведено выездное заседание пленума в Шемахинской астрофизической обсерватории (144 км от Баку). Участники пленума осмотрели обсерваторию и ее инструменты, а научные сотрудники обсерватории З. А. Исмаилов, С. Г. Мамедов и О. Х. Гусейнов познакомили гостей с проводящимися здесь исследованиями.

Шемахинская обсерватория располагает первоклассным 2-метровым телескопом-рефлектором фирмы «Карл Цейсс», горизонтальным солнечным телескопом, хромосферно-фотосферным телескопом, 70- и 35-сантиметровыми телескопами. Основные направления ее работы: физика звезд (теоретические и экспериментальные исследования), физика Солнца, физика планет и их спутников, наблюдения искусственных космических объектов.

Пленум отметил в своем решении научную ценность исследований, выполняемых азербайджанскими астрономами. В частности, очень интересны теоретические исследования последнего этапа развития звезд (включая состояния нейтронных звезд и «черных дыр»), которые ведутся под руководством кандидата физико-математических наук О. Х. Гусейнова; наблюдения Марса в период его великого противостояния, проводившиеся Н. Б. Ибрагимовым с участием киевских и московских астрономов, когда были получены высококачественные фотографии планеты и ее спектры высокой дисперсии; спектральные наблюдения магнитных звезд; изучение солнечных вспышек, протуберанцев и магнитных полей на Солнце и многое другое.

Азербайджан — страна с вековыми традициями в области астрономических исследований. Здесь еще в XIII в. была построена и работала



Учебная обсерватория при Бакинской средней школе № 207

Марагинская обсерватория, где трудился замечательный ученый того времени Насиреддин Туси. Истории астрономии в Азербайджане посвятил свой доклад доктор физико-математических наук Г. Д. Мамедбейли.

Серьезно обсуждался на пленуме вопрос об организации геодезических исследований в республике, так как там отсутствует единый центр, который бы руководил или хотя бы координировал работы по геодезии. Геодезические изыскания, связанные главным образом со строительством и проведением съемок для обеспечения тех или иных запросов народного хозяйства, ведут около 30 различных организаций. Роль «связующего звена» между ними могла бы играть геодезическая секция Азербайджанского отделения ВАГО. Новое бюро секции было избрано в ноябре 1971 г. во главе с доцентом М. Н. Шафиевым.

Вводный доклад о геодезических исследованиях и подготовке кадров геодезистов в Азербайджане сделал на пленуме заместитель председателя

Азербайджанского отделения ВАГО доцент М. Н. Шафиев. О производственных работах по геодезии и планах на ближайшие годы рассказал инженер В. Р. Яценко. В основу этих планов положено удовлетворение запросов народного хозяйства республики в свете заданий по девятому пятилетнему плану. Детальная планировка городов, мелиорация земель, реконструкция геодезической сети Апшерона, съемка подземных коммуникаций города Баку, съемка подводных коммуникаций нефтеносных площадей Каспийского моря, обеспечение строительства в городах и промышленных предприятий — вот далеко не полный перечень задач, стоящих перед азербайджанскими геодезистами. В выполнении этих задач им помогут геодезисты других республик и городов.

Интересны были доклады инженера А. С. Султанова о состоянии и перспективах развития инженерной геодезии в Баку — городе с населением в 1 млн 200 тыс. человек, а также доклад инженера А. В. Воробьева о

* Доклад Г. Ф. Султанова будет опубликован в одном из ближайших номеров журнала. (Прим. ред.)

геодезическом обеспечении нефте-разведки и нефтедобычи.

Доклад о деятельности Азербайджанского отделения ВАГО сделал доцент Д. М. Кули-заде. В отделении успешно работают телескопостроители и юношеская секция, возглавляемые подлинным энтузиастом любительского телескопостроения С. И. Сориным. Астрономическая секция ведет большую популяризаторскую работу. Под руководством учителя В. А. Лифановского при средней школе № 207 города Баку построена учебная обсерватория и планетарий. Отделение выступило инициатором создания в Баку большого планетария, получив поддержку Академии наук Азербайджанской ССР. Необходимость городского планетария, а также астрономической обсерватории при Бакинском Дворце пионеров специально отмечена в резолюциях пленума. Учебно-методическая секция отделения значительно способствовала улучшению преподавания астрономии в средних школах республики. Геодезическая секция отделения пос-

ле длительного перерыва начала функционировать недавно, но уже в ее составе 130 геодезистов.

Кроме вопросов, связанных с развитием астрономии и геодезии в Азербайджане, пленум обсудил отчетный доклад президиума Центрального совета ВАГО, с которым выступил президент общества профессор Д. Я. Мартынов, а также доклады о работе Днепропетровского и Московского отделений ВАГО. К наиболее важным мероприятиям, организованным ВАГО в 1971 г., можно отнести успешные наблюдения великого противостояния Марса, экспедиции по изучению астроклимата, регулярные наблюдения метеоров в Крыму, участие в XV ассамблее Международного геодезического и геофизического союза, проведение совещания представителей геодезических обществ социалистических стран и второй конференции юных любителей астрономии.

Днепропетровское и Московское отделения ВАГО принадлежат к самым активным и деятельным. Прав-

да, Московское отделение — одно из старейших, оно даже старше самого ВАГО (основано в 1908 г.), а Днепропетровское — одно из самых молодых (основано в 1967 г.), но оба они ведут разнообразную, полезную работу. Члены этих отделений предполагают принять участие в объединенной экспедиции ВАГО по наблюдению полного солнечного затмения 10 июля 1972 г. на Камчатку и Чукотку. О программе наблюдений затмения сообщили пленуму кандидаты наук И. С. Щербина-Самойлова, А. Т. Несмянович и В. А. Бараненко.

В работе пленума и связанных с ним мероприятий — IV коллоквиума по любительскому телескопостроению и семинара по серебристым облакам — приняло участие 140 приезжих и около 50 бакинских ученых. Заседания пленума проходили в помещении Президиума и Института физики Академии наук Азербайджанской ССР.

В. А. БРОНШТЭН
кандидат физико-математических наук,
ученый секретарь Центрального
совета ВАГО

IV коллоквиум

телескопостроителей

13—14 марта этого года в Баку проходил IV коллоквиум по вопросам любительского телескопостроения. Коллоквиум организован Всесоюзным астрономо-геодезическим обществом. При Центральном совете и многих от-

делениях общества есть отделы, направляющие работу любителей в этой области. На коллоквиуме обсуждались разнообразные проблемы, волнующие любителей телескопостроения. Было заслушано более 20 докладов и сообщений, многие из них вызвали оживленные дискуссии.

Любительское телескопостроение в нашей стране успешно развивается. Все большее значение приобретает коллективная форма работы, особенно с молодежью. Примерами таких коллективов могут служить астрономический кружок при Бакинском городском Дворце пионеров и школьников имени Ю. А. Гагарина, Крымская станция юных техников, Клуб юных техников при Сибирском отделении АН СССР. В распоряжении этих

коллективов хорошая техническая база: мастерские, станки, оборудование.

В Бакинском Дворце пионеров, гостями которого были участники коллоквиума, ребята под руководством С. И. Сорина уже в течение двадцати лет строят телескопы, от самых простых до мощных, тщательно продуманных в техническом отношении инструментов. В этой работе и в изучении астрономии (и то и другое здесь тесно связано между собой) принимают активное участие все члены кружка.

Крымские пионеры и школьники участвуют в постройке больших телескопов, в создании приборов для наблюдения метеоров. В Крымском отделении ВАГО молодежью руководят В. В. Мартыненко и специалист-оптик

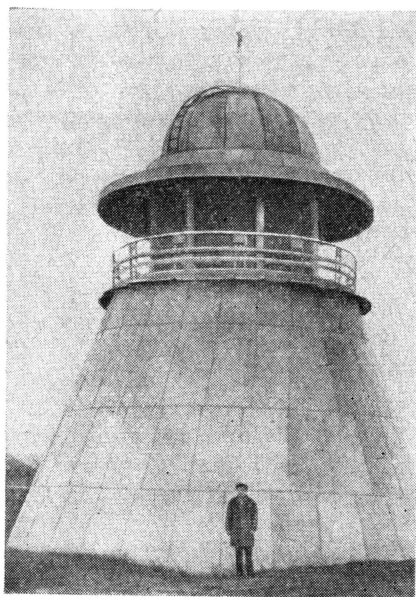
Г. М. Попов. Исследования метеоров, которые ведутся здесь, имеют серьезное научное значение.

В юношеской обсерватории при Клубе юных техников Новосибирска, оборудованной отличными телескопами промышленного изготовления, ребята вместе со своим руководителем С. С. Войновым создают астрономические приборы и приспособления.

Очень важно участие любителей астрономии в постройке и оснащении народных обсерваторий. Часто любители выступают в роли организаторов подобных обсерваторий. Так, по инициативе И. П. Ярцева и А. Д. Ярцевой построена народная обсерватория при Шольинском леспромхозе (Удмуртская АССР); инженер А. А. Михеев строил народную обсерваторию в Ростове-на-Дону и оснастил ее отличным телескопом собственного изготовления. Силами любителей организованы народные и школьные обсерватории в Бакинской средней школе № 207, в селах Токуши (Северо-Казахстанская область) и Новая Прага (Кировоградская область), в Ясенов-



С. И. Сорин рассказывает о работе астрономического кружка Бакинского Дворца пионеров и школьников



Народная обсерватория в Ростове-на-Дону, построенная инженером А. А. Михеевым

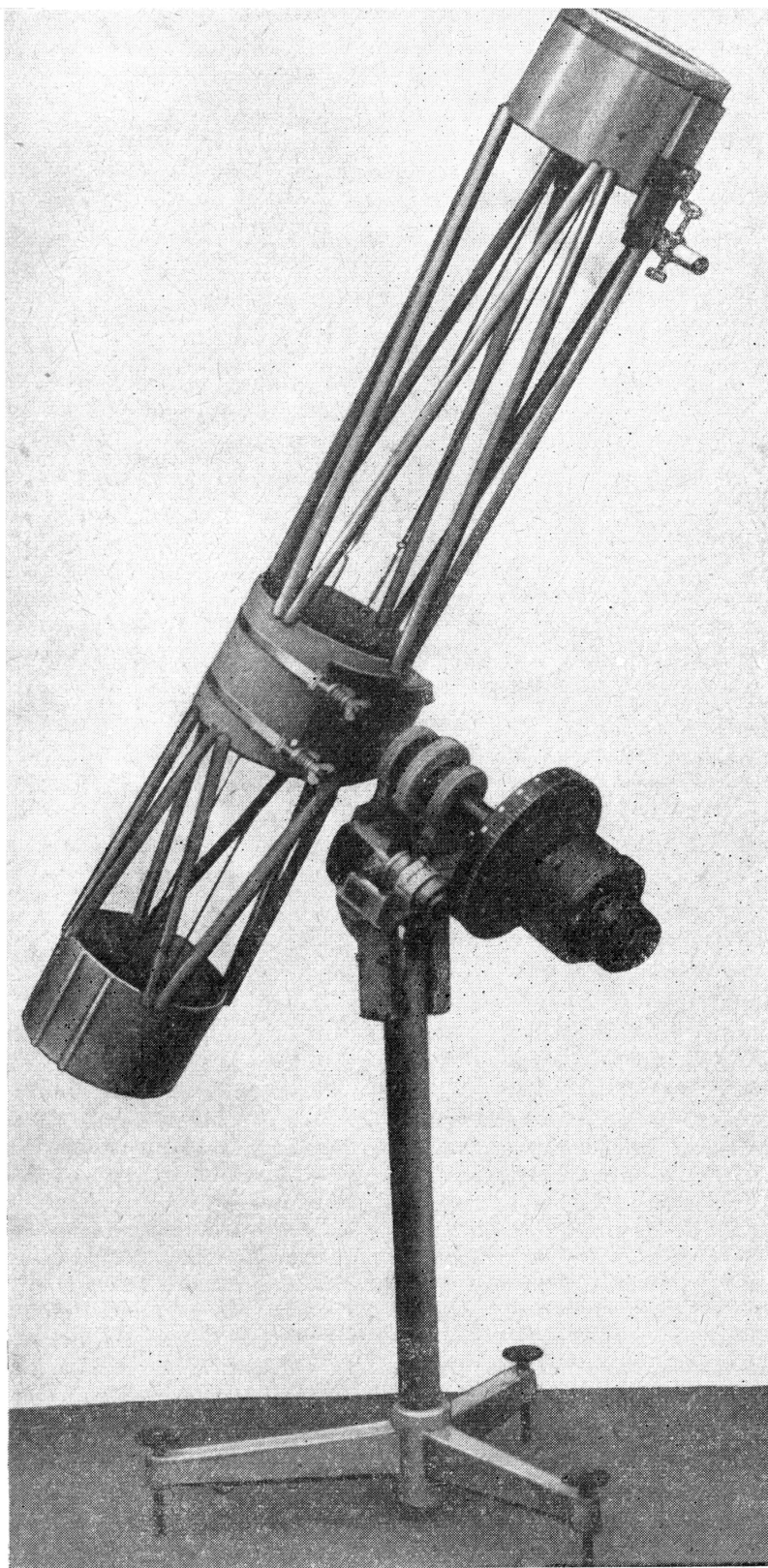
ской средней школе (Львовская область)*.

В любительском телескопостроении развивается тенденция к созданию сложных и мощных (с диаметром зеркала до 500 мм и более) инструментов, оснащению их совершенными вспомогательными приборами и приспособлениями. Все чаще приходится говорить уже не просто о любительском телескопостроении, а о любительском астроприборостроении. Фотометры, спектрофотометры, астрографы, электронные приводы для часовой оси телескопа, метеорные

патрули, приборы и станки для обработки и испытания астрономических зеркал создают любители в Новосибирском, Ленинградском, Московском, Азербайджанском, Крымском, Эстонском и других отделениях ВАГО.

Техническое творчество любителей не ограничивается созданием простейшего телескопа-рефлектора системы Ньютона. Появляются телескопы системы Кассегрена, Нэсмита, Ричи — Кретьена, менисковые. Не следует забывать, что уже изготовление одного вогнутого зеркала «ньютоновского» телескопа требует от любителей подлинной виртуозности, ведь для такого зеркала технический допуск точности равен семи сотым долям микрона! А изготовление, испытание и наладка инструмента, в котором нужно сделать две асферические поверхности и при полировке тончай-

* «Земля и Вселенная» уже рассказывала о некоторых народных обсерваториях. См. № 1 и № 4 за 1971 г. и этот номер журнала. (Прим. ред.)



220-миллиметровый телескоп системы Ньютона, изготовленный С. К. Савиным

шей ретушью «довести» их, чтобы в совокупности они давали изображение, свободное от аберраций,— это работа, требующая большого искусства.

Один из представителей «школы высшего мастерства» — П. П. Аргунов, разработавший новый оригинальный тип зеркального телескопа с линзовой коррекцией. Уже построены два таких телескопа с диаметром зеркала 400 и 650 мм. А. С. Фомин создал 340-миллиметровый универсальный модернизированный зеркальный телескоп, технически настолько совершенный, что может служить образцом для производства. Универсальный разборный телескоп-рефлектор А. Н. Подъяпольского и телескоп системы Ньютона, изготовленный С. К. Савиным, экспонировались в 1971 г. на Торгово-промышленной выставке СССР в Париже. Кстати, ведь наш замечательный оптик Д. Д. Максудов (да и не он один) начинал свою деятельность тоже как любитель.

По-прежнему, к сожалению, на пути телескопостроителей стоят еще некоторые препятствия. Не всегда можно достать нужные материалы. Все еще не выпускаются наборы для постройки самодельных телескопов, а необходимость их выпуска подтверждается многочисленными письмами, которые поступают в адрес ВАГО, планетариев, редакций журналов. Нехватает литературы. Спрос, например, на сборники «Любительское телескопостроение» велик, а издаются они малым тиражом, 2—3 тыс. экземпляров. Выход третьего сборника, которого уже давно ждут любители (был подготовлен к печати три года назад), к сожалению, задерживается по причинам, не зависящим от ВАГО.

Велика роль любительского телескопостроения в деле распространения научных знаний. Коллективы и отдельные любители, строя телескопы, несут людям астрономические знания. Каждый самодельный телескоп становится своего рода небольшой народной обсерваторией.

М. М. ШЕМЯКИН
председатель отдела любительского
телескопостроения Центрального
совета ВАГО



Анкета СЕТИ

Готовясь к проведению симпозиума СЕТИ*, который состоялся в Бюракане в августе 1971 г., оргкомитет разослал советским ученым анкету. На вопросы анкеты ответили астрономы, физики, математики, психологи, лингвисты. Некоторые высказывания ученых (в алфавитном порядке) мы публикуем ниже.

ЧТО ВЫ ПОНИМАЕТЕ ПОД ВНЕЗЕМНОЙ ЦИВИЛИЗАЦИЕЙ?

Л. М. Гиндилис
кандидат физико-математических наук

Сложная высокоорганизованная система, действующая в масштабе не менее планетарного, способная к целенаправленным действиям, способная познавать окружающий мир (и самое себя), т. е. строить модели мира с помощью абстрактных понятий, используя результаты познания в соответствии со своими целями. В более узком смысле, применительно к проблеме обнаружения внеземных цивилизаций, под цивилизацией можно понимать систему, способную к целенаправленной передаче информации по каналам связи.

С. А. Каплан
профессор

Любое состояние материи, способное посылать осмысленную информацию за пределы своей системы.

В. Г. Курт
доктор физико-математических наук

Общество разумных существ, имеющих технику (средства передвижения, передачи информации и ее хранения), речь, книги, кино, телевидение и т. д.

И. Д. Новиков
доктор физико-математических наук

Сложная организация («машина» в понятии кибернетики), активно познающая окружающий мир, создающая для этой цели абстракции, по меньшей мере эквивалентные или более сложные, чем абстракции второй сигнальной системы человека. Непременным

условием цивилизации, вероятно, является сознание разной степени сложности (индивидуальное, общественное и более сложное).

Ф. А. Цицин Совокупность взаимодействующих субъектов, задающихся вопросом о существовании других таких совокупностей.

И. С. Шкловский
член-корреспондент
АН СССР

То же, что земная цивилизация (хотя, конечно, не обязательно антропоморфная), но на совершенно другой стадии технологического и научного развития. Кстати, определение понятия «цивилизация» непростое и требует обсуждения. Является ли, например, гигантский муравейник «цивилизацией»?

СУЩЕСТВУЮТ ЛИ ЦИВИЛИЗАЦИИ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ЗЕМНОГО ШАРА?

В. Л. Гинзбург
академик

Не вижу особых оснований сомневаться в возможности существования других цивилизаций в пределах Галактики, хотя и может оказаться, что в Галактике фактически не возникло ни одной развитой цивилизации, кроме нашей.

Л. М. Гиндилис
кандидат физико-математических наук

В настоящее время мы не предполагаем никакими доказательствами существования «разумной жизни» за пределами земного шара (а можем привести в пользу этого только более или менее убедительные аргументы). Поэтому я считаю, что к положению о существовании внеземных цивилизаций, строго говоря, следует относиться, как к гипотезе. Лично мне гипотеза представляется весьма вероятной. Я не допускаю, чтобы наша цивилизация могла быть единственной во Вселенной (или наблюдаемой области Вселенной), однако вполне возможно, это феномен — весьма редкий. В частности, я не могу полностью исключить, что наша цивилизация — единственная в Галактике, хотя это и представляется мне маловероятным.

Э. А. Дибай
доктор физико-математических наук

Наша цивилизация, безусловно, не единственная, но я думаю, что их число невелико.

Н. С. Кардашев
доктор физико-математических наук

Думаю, что цивилизаций очень много во Вселенной и Галактике.

С. Б. Пикельнер
профессор

Считаю, что наша цивилизация не единственная в Галактике, особенно если подтвердится, что основные органические соединения уже содержатся в межзвездной пыли.

* Л. М. Гиндилис. СЕТИ-71. «Земля и Вселенная», № 2, 3, 1972 г.

И. С. Шкловский
член-корреспондент
АН СССР

наблюдаемой области Вселенной.

Я допускаю и, более того, считаю вполне возможным, что наша цивилизация — единственная в Галактике и даже в

СЧИТАЕТЕ ЛИ ВЫ ВОЗМОЖНЫМ КОНТАКТ С ВНЕЗЕМНЫМИ ЦИВИЛИЗАЦИЯМИ?

В. А. Амбарцумян
академик

Не вижу причин, могущих в корне помешать контакту.

С. А. Каплан
профессор

Считаю контакт с внеземными цивилизациями вполне возможным. Не вижу каких-либо физических, технических или семантических трудностей. Под первым контактом понимаю односторонний прием и расшифровку информации.

Н. С. Кардашев
доктор физико-математических наук

Контакт возможен, ограниченный нет. Первоначальный контакт — обнаружение деятельности или информационных сигналов внеземных цивилизаций. В первую очередь нужно ориентироваться на контакт с использованием электромагнитных волн.

Н. Т. Петрович
профессор

Контакт с внеземными цивилизациями считаю вполне возможным. Эту уверенность создает единство физических законов во Вселенной и единство логики развития живой материи. Контакт с внеземными цивилизациями может иметь много ступеней. Самый простой — одностороннее установление факта существования внеземной цивилизации. Затем может быть двусторонний контакт и даже объединение двух или нескольких цивилизаций. Наиболее доступным для землян считают контакт с помощью электромагнитных волн.

В. С. Троицкий
член-корреспондент
АН СССР

Контакт возможен. Наиболее вероятный канал связи — электромагнитные волны.

И. С. Шкловский
член-корреспондент
АН СССР

Считаю контакт возможным, хотя и полагаю, что эта проблема гораздо сложнее, чем мы это сейчас наивно представляем.

СУЩЕСТВУЕТ ЛИ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ ПОНЯТЬ ИНФОРМАЦИЮ, СОДЕРЖАЩУЮСЯ В СИГНАЛАХ ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ?

В. А. Амбарцумян
академик

По-моему, существует принципиальная возможность передачи сообщений о логических связях, системах логических и математических соотношений между какими-то объектами. Однако остается большая неоднозначность в интерпретации системы объектов, к которым относятся переданные в сообщении логические соотношения. Тем не менее допускаю, что такая информация может оказаться весьма интересной и полезной.

Э. А. Дибай
доктор физико-математических наук

Считаю, что наука, как показывает история, может расшифровать любую информацию.

Б. Н. Пановкин
кандидат физико-математических наук

Содержательную информацию, передаваемую в сигналах других систем (если таковые сигналы есть), выделить, имея только эти сигналы, принципиально невозможно.

С. Б. Пикельнер
профессор

Интерпретация сигналов, на верное, очень сложна, но на каком-то уровне она должна быть принципиально осуществима.

Б. В. Сухотин
Кандидат филологических наук

Возможность интерпретировать сигналы внеземных цивилизаций зависит от степени «незашифрованности». Несходство понятий может затруднить лишь понимание кратких сообщений, поскольку это несходство существенно только для «элементарных» понятий. Сходство неэлементарных понятий обеспечивается тем, что они отражают подобные или идентичные явления действительности. В качестве пояснения укажем на сходство картин, изображающих одно и то же, но написанных разными красками. Поэтому возможность интерпретации сигналов внеземных цивилизаций следует оценивать оптимистически.

КАКОВА МЕТОДИКА ПОИСКА СИГНАЛОВ ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ? НУЖНА ЛИ СПЕЦИАЛЬНАЯ ПРОГРАММА И АППАРАТУРА ИЛИ ИХ МОЖНО ОБНАРУЖИТЬ В ПРОЦЕССЕ ОБЫЧНЫХ АСТРОНОМИЧЕСКИХ И РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ?

В. А. Амбарцумян
академик

Пока мы не сможем теоретически предсказать характера сигналов, искать не стоит. Если будут на этот счет убед-

ПРЯМОЙ КОНТАКТ

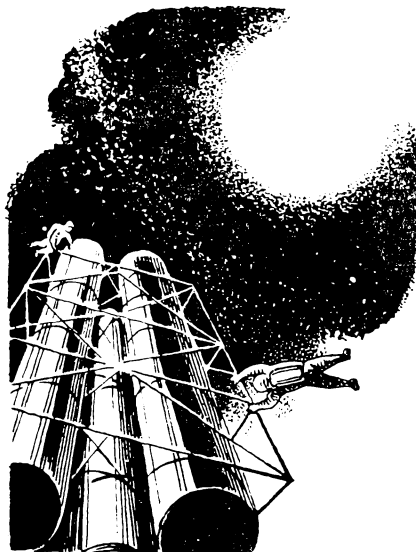


РАДИОКОНТАКТ



**ПУТИ
КОНТАКТОВ**

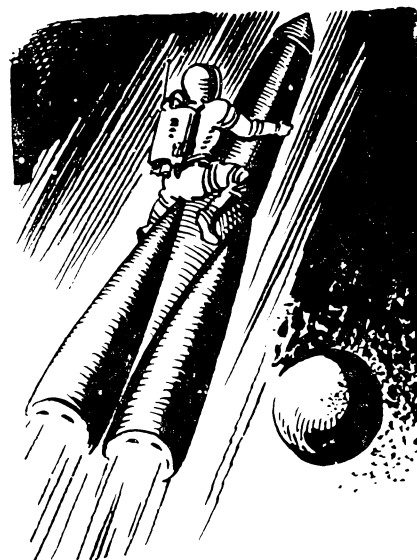
ЧУДО-КОНТАКТ



РОБОТ-КОНТАКТ



ПРИШЕЛЕЦ-КОНТАКТ



Рисунки Г. АКУЛОВА

тельные теоретические соображения, то можно и следует рискнуть. Думаю, что расширение радиоастрономических наблюдений и поиски закономерностей в естественных сигналах приведут к случайному открытию искусственных сигналов.

В. Л. Гинзбург
академик

Отдельные страны, даже самые богатые, вряд ли в ближайшем будущем смогут осуществить подлинно широкие поиски внеземных цивилизаций.

Нужно стремиться к организации поисков на международной основе и в широких масштабах. При этом естественным и разумным условием является известная «бесприоритетность» усилий в том отношении, что в любом случае (т. е. и при неудачах попыток обнаружить другую цивилизацию) будут получены ценные научные результаты астрономического характера. Поэтому нужно создать грандиозные, уникальные радиотелескопы, которые лишь часть времени будут «искать» гипотетические сигналы от гипотетических цивилизаций на предполагаемых планетах около различных звезд и т. п., а другую (не меньшую!) часть времени будут использоваться для разнообразных радиоастрономических наблюдений.

Н. Т. Петрович
профессор

Поиски сигналов внеземных цивилизаций можно производить на базе астрономической и радиоастрономической аппаратуры. Но она должна быть

дополнена универсальными устройствами для детектирования и декодирования сигналов внеземных цивилизаций самого различного вида или быстродействующей ЭВМ для анализа принимаемых сигналов. Так как сигналы внеземных цивилизаций, вероятно, ограничены во времени (во всяком случае, в данном участке неба и в данном участке частотного спектра), то программа поиска их должна отличаться от обычной для радиоастрономии и быть непрерывной на больших отрезках времени. Оптимальный диапазон волн, если прием ведется под толщей земной атмосферы, по видимому, находится в участке 3—30 см. Если выйти за пределы атмосферы, то тут, наверное, следует резко сместить поиск в сторону более коротких волн. Кроме того, для привлечения сигналов внеземных цивилизаций «на себя» землянам пора излучать свои привлекающие сигналы. Технические возможности позволяют начать эту работу.

С. Б. Пикельнер
профессор

Вероятность получения сигналов мала. Наверное, целесообразно строить специальную аппаратуру для поиска внеземных цивилизаций, а лучше

иметь в виду такую возможность при интерпретации обычных наблюдений.

В. С. Троицкий
член-корреспондент
АН СССР

Следует использовать специальную аппаратуру и специальную программу наблюдений. Процесс, методы и объекты обычных астрономических

и радиоастрономических наблюдений не адекватны процессу, методам и объектам специального поиска.

В КАКИХ НАПРАВЛЕНИЯХ СЛЕДУЕТ РАЗВИВАТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОБЛЕМЕ ВНЕЗЕМНЫХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ?

Л. М. Гиндилис
кандидат физико-
математических наук

Предложения технического характера: непрерывная радиослужба всего неба на трех разнесенных по долготе эква-

ториальных станциях. Каждая станция оборудуется системой относительно небольших (малонаправленных) неподвижных антенн, перекрывающих весь небесный свод; универсальной приемной аппаратурой, способной производить амплитудный, частотный и фазовый анализ сигнала. Необходимо полное перекрытие всего оптимального диапазона волн. Потенциал подобной системы обнаружения может наращиваться постепенно;

непрерывная радиослужба 100—1000 звезд подходящего спектрального класса с помощью более крупных антенн и универсальной приемной аппаратуры;

непрерывная служба туманности Андромеды и нескольких соседних галактик;

поиск сигналов от возможных межзвездных зондов в либрационных точках Лагранжа.

Н. С. Кардашев
доктор физико-
математических наук

Во-первых, уточнение оптимального диапазона позывных и связи. Во-вторых, создание сети для непрерывного патрулирования всего неба с целью

обнаружения моноимпульсных сигналов. Желательно полное перекрытие по частоте миллиметрового, сантиметрового и дециметрового диапазонов и использование ненаправленных антенн. Проведение радиоастрономических поисковых обзоров в тех же диапазонах. Наконец, исследование радиоизлучения и гамма-излучения ближайших 100 звезд такого же спектрального класса, как наше Солнце, и сопоставление их излучения с солнечным.

Н. Т. Петрович
профессор

Есть два предложения: имитировать поиск и связь двух цивилизаций на двух ЭВМ, соединенных только эквивалентом межзвездной среды. На

одной ЭВМ создаются самые разнообразные виды привлекающих, обучающих, информационных сигналов при различных видах модуляции, кодирования. С помощью другой ЭВМ, используя только приходящие сигналы и наложенный на них шум среды и приемников, пытаются

обнаружить разумные сигналы, обучиться их логике и прочесть переданную информацию;

создать сверхширокополосные приемники для поиска сигналов внеземных цивилизаций (десятки и сотни гигагерц). Возможно, что обитатели внеземных цивилизаций передают сверхкороткие импульсы (по земным масштабам) и наши приемники их не замечают. Если при передаче будут внесены предварительные искажения, то импульсы могут приходиться в Солнечную систему сверхкороткими, не взирая на «растягивающие» свойства межзвездной среды.

А. Д. Сахаров Прежде всего необходимо
академик развивать научно-техническую

базу. Нельзя полностью исключить, что мы еще мало знаем и умеем. Нельзя исключить, что

есть вопиющие пробелы в наших основных представлениях о пространстве, например, о его топологической структуре, и что внеземные цивилизации ведут свои передачи с учетом этого обстоятельства, а мы «смотрим не в ту сторону». Нельзя также исключить вопиющие пробелы в отношении типов существующих в природе излучений. Еще более вероятно, что наши корреспонденты, используя уже известные нам виды излучений и законы природы, рассчитывают при этом на такой уровень чувствительности приемной аппаратуры, который для нас пока совершенно недоступен по технологическим и экономическим причинам. Однако все эти сомнения не должны расхолаживать нас на пути попыток приема сигналов с постепенным увеличением чувствительности (и стоимости) приемной аппаратуры и расширением методологии поиска. Только так, рано или поздно, можно рассчитывать на успех. При этом я хотел бы отметить важность проектных работ по посылке сигналов, доведенных до конкретного осуществления некоторых проектов. Только так можно понять тонкие аспекты проблемы контактов. Здесь, как и в других делах, эгоисты, в конце концов, оказываются в проигрыше.

В. С. Троицкий Если имеются в виду поиски
член-корреспондент сигналов, то необходимы ис-
АН СССР следования радиоизлучения

ближайших к нам звезд (в пределах 1000 световых лет) в широком диапазоне волн. Если имеется в виду общая проблема, то главный вопрос — сроки жизни технически развитой цивилизации. С оценкой этого срока связана наибольшая неопределенность при подсчете возможного числа цивилизаций в нашей Галактике.

И. С. Шкловский Необходим, во-первых, общий
член-корреспондент серьезный теоретический ана-
АН СССР лиз проблемы в философском,

биологическом, футурологическом и прочих аспектах.

Во-вторых, разработка специальной аппаратуры для поиска внеземных цивилизаций, разработка программы

наблюдений. Разумеется, при обнаружении сигналов возникает огромная трудная проблема дешифровки и анализа информации. Но это уже совсем отдельное направление.

КАКОВЫ ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ КОНТАКТА?

В. А. Амбарцумян
академик

Я не ожидаю, что начнется дело с шока. В этой области начнется с мелких и неоднозначно понимаемых вещей. В от-

даленном будущем контакт с внеземными цивилизациями может иметь огромное влияние на общество.

В. Л. Гинзбург
академик

Мне кажутся фантастическими предположения о возможных вредоносных последствиях контакта, ну а конкретные последствия будут зависеть от

расстояния между «сторонами», т. е. времени распространения сигналов, и уровня «собеседников».

А. Д. Сахаров
академик

Заклучена ли какая-либо опасность в получении информации от внеземной цивилизации? Преждевременное, органически не воспринятое знание,

в принципе, может быть опасным, однако в применении к такому зрелому организму, как земная цивилизация, при условии постепенного восприятия и поступления информации эти опасности не представляются мне реальными. Создание искусственного «сверхмозга» гораздо более опасно из-за наличия обратной связи, но и в этом случае мне кажется, что опасности «дегуманизации», информационного отравления и т. д. сильно преувеличиваются. Расширение кругозора при получении информации от внечеловеческого интеллекта будет важным, но подсобным, и, по-моему, очень положительным фактором в развитии наших научных знаний, в преодолении наивного антропоморфизма. Но определяющим фактором по-прежнему будут внутренние силы человеческого общества — накопленные знания и навыки, традиции и институты, генетический фонд человечества, материальные производственные силы, состояние земной природной среды. Несколько грубо можно сказать, что умному и доброму всякое дополнительное знание только на пользу, а глупому и злому, обреченному на самоуничтожение, ничто не может ни помочь, ни повредить. Будучи оптимистом, я за настойчивые поиски внеземных цивилизаций.

И. С. Шкловский
член-корреспондент
АН СССР

Все может быть. Последствия могут быть неконтролируемыми в современном человеческом обществе. Так как опасности могут быть по крайней мере такими же, как от ядерной или бактериологической войны, заранее надо продумать систему строящегося международного соглашения и контроля.

Материал подготовлен к публикации Т. В. МАВРИНОЙ

ИЗ ИСТОРИИ ВАГО

Первая народная обсерватория в Москве

Первая народная обсерватория была открыта в Москве в 1907 г. Находилась она в рабочем районе, в Вадковском переулке (близ Бутырской заставы).

Начало организации народной обсерватории и астрономического кружка относится к 1905 г., когда в Москве появились первые детские трудовые объединения. Их создатели — выпускник Московского университета Станислав Теофилович Шацкий и молодой архитектор Александр Устинович Зеленко — были необычайно увлечены идеей детских клубов, экспериментальных школ для рабочей мо-

лодежи. В 1906 г. несколько таких клубов были объединены в общество «Сеттльмент».

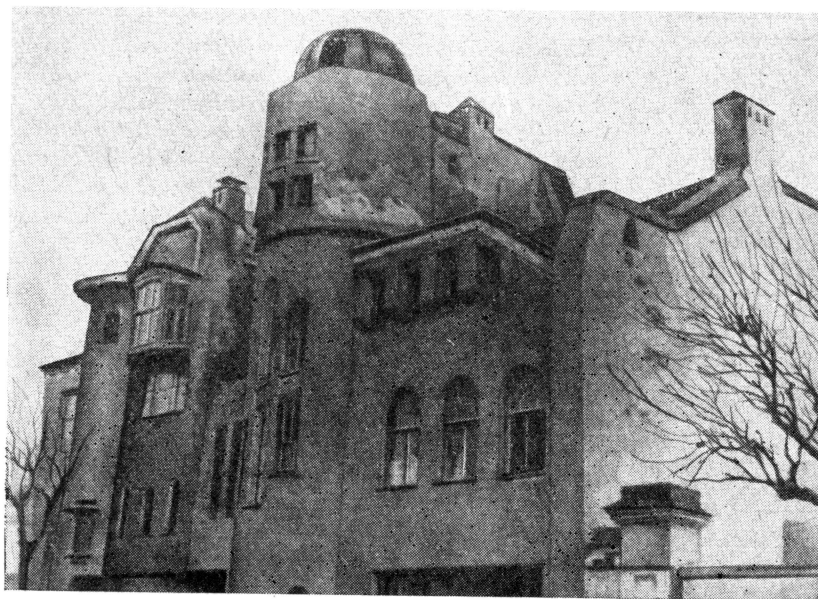
В «Сеттльменте» собиралась рабочая молодежь с городских окраин. Под руководством приглашенных преподавателей они два раза в неделю занимались в различных кружках, в том числе естественнонаучных. Число учащихся непрерывно росло и к весне 1906 г. достигло 150 человек.

В конце 1907 г. «Сеттльмент» разместился в новом трехэтажном доме в Вадковском переулке. Дом строился по проекту А. У. Зеленко специально для занятий с молодежью. На крыше здания была сооружена башня с куполом — обсерватория. В ней был установлен 5-дюймовый рефрактор.

Как попал к Шацкому столь крупный по тем временам телескоп?

В одном из московских архивов мне удалось разыскать рукопись С. Т. Шацкого (1908 г.), в которой он пишет: «Астрономия всегда нравилась детям. Но теперь образовалась отдельная группа ввиду того, что в «Сеттльменте» появился настоящий телескоп, пятидюймовый рефрактор, подаренный сибиряком Смолиным». В том же архиве есть документ, указывающий, что Л. Д. Смолин — член финансового комитета общества «Сеттльмент» в 1907—1908 гг. Значит, он один из тех меценатов, которые субсидировали работу общества. Длительные поиски в конце концов привели меня в Московский Дарвиновский музей. Здесь я встретился с Петром Петровичем Смолиным. В начале века его дядя, Лев Дмитриевич Смолин, передал Шацкому телескоп.

С появлением 5-дюймового рефрактора занятия по астрономии активизировались. Многочисленные любите-



С 1907 по 1911 г. здесь, в Вадковском переулке находилась обсерватория и астрономический кружок «Знание неба»

тели астрономии часто собирались у телескопа на увлекательные беседы о Луне, Солнце, звездах. Кто же были эти любители? Кто вел занятия? Об этом мне рассказала В. Н. Шацкая, которая вместе со своим мужем С. Т. Шацким была организатором «Сеттльмента» и вела там педагогическую работу. Сейчас В. Н. Шацкая — профессор, действительный член Академии педагогических наук СССР. На днях ей исполнилось 90 лет.

В астрономическом, как и в других кружках, занималась в основном рабочая молодежь с завода «Густав Лист» (ныне завод «Борец»), Кушнеровской типографии («Красный пролетарий»), завода «Сименс и Гальске» («Красный факел»). Всего в кружке насчитывалось 15—20 человек.

Астрономическим кружком с самого начала руководил молодой инженер Б. Н. Зимин. Он очень плохо слышал и общался с собеседниками с помощью слуховой трубки. Проводить занятия ему помогал студент Московского технического училища А. М. Бергман. Среди первых руководителей астрономического кружка были П. И. Попов, только что окончивший Московский университет и продолжавший заниматься астрономией у П. К. Штернберга и С. А. Казакова, и преподаватель гимназии К. Л. Баев (в будущем — профессор, крупный пропагандист и популяризатор науки).

В этот же период к занятиям в кружке привлекли М. В. Васнецова — сына выдающегося русского художника, академика живописи В. М. Васнецова. В полученном мною письме Васнецов вспоминает о своей работе в астрономическом кружке и, в частности, указывает, что занятия у Шацкого не были строго ограничены рамками одной какой-либо дисциплины. Так, участники разных кружков пели в хоре, ставили пьесы под руководством приглашенных артистов (например, из Художественного театра).

Естественно, что большая работа, развернувшаяся в Вадковском переулке, не могла не привлечь внимания властей. Один из активных чле-



Станислав Теофилович Шацкий (1878—1934) — русский педагог, видный деятель народного образования, организатор первой в Москве народной обсерватории и астрономического кружка «Знание неба»

нов общества, рабочий Кушнеровской типографии Н. П. Левин, которого мне также удалось разыскать, вспоминает, что на всех крупных мероприятиях клуба присутствовал полицейский надзиратель.

8 февраля 1908 г. в Московское охрannое отделение поступило донесение полицейского надзирателя 3-го участка Суцеской части: «Мною получены негласные сведения, что в ремесленном училище по Вадковскому переулку общества «Сеттльмент» учительским персоналом ведется пропаганда революционных идей среди учащихся...». За день до этого, 7 февраля 1908 г., в Русском монархическом собрании говорили о том, что в Москве существует «школа коммунистов» — весьма подозрительная организация, поставившая перед собой цель воспитывать «сознательных» граждан». Один из ораторов предлагал «открыть правительству глаза на эту организацию».

Еще два месяца в обществе продолжалась работа, его клубы посещало до 450 человек. Но царские власти собирали материал против С. Т. Шацкого и других руководителей общества.

1 мая 1908 г. на заседании Московского особого городского по делам об обществах и союзах присутствия под председательством московского градоначальника было вынесено постановление о закрытии «Сеттльмента».

Я просмотрел все архивы «Сеттльмента», собрал воспоминания сотрудников общества и учащихся. Документы показывают, что непосредственно революционной деятельностью в обществе не занимались, хотя нельзя исключить того, что разговоры на политические темы среди молодых рабочих велись: сотрудником «Сеттльмента» был П. И. Попов, который в 1905 г. в составе студенческой боевой дружины участвовал в Декабрьском вооруженном восстании в Москве. Педагогическая работа в кружках проводилась в отрыве от политической борьбы пролетариата. Но отсутствие, например, в расписании занятий закона божьего, элементы материализма, прививаемые молодежи на занятиях по астрономии, физике, химии, сам факт созданного в стенах общества самоуправления — все это говорит о прогрессивном, демократическом характере педагогической деятельности общества.

После долгих мытарств и многочисленных хождений «по властям» С. Т. Шацкому все же удалось через год, в 1909 г., добиться разрешения на открытие общества. Но теперь пришлось несколько изменить формы работы, сделать организацию более «официальной». Общество переименовали в «Детский труд и отдых».

Астрономический кружок стал называться «Знание неба». Им продолжал руководить Б. Н. Зимин. В кружок принимали и взрослых. Среди них были В. И. Пудовкин (в будущем выдающийся советский кинорежиссер, народный артист СССР), его друг А. И. Бачинский (впоследствии известный физик), В. А. Шишаков (один из первых лекторов Московского пла-

нетария, почетный член ВАГО) и другие. В ведении кружковцев находилась обсерватория и помещения для занятий.

Слушательница астрономического кружка А. В. Левина-Богачева рассказывает о себе: «Когда я начала заниматься в астрономическом кружке, мне было 17 лет. Привлекла меня в кружок мать, которая тоже ходила на занятия по астрономии... Что я получила от кружка? — Совершенно избавилась от религиозного дурмана, да и мать тоже. Я стала общительной, почувствовала, что я — человек, как и все, поняла, что надо учиться...». Астрономический кружок из юношеского постепенно превращался в более «взрослый».

В 1911 г. в «Известиях Русского астрономического общества» было опубликовано сообщение о работе Московского астрономического кружка «Знание неба», который «ставит себе целью распространять среди жителей Москвы сведения по астрономии, физике и другим смежным наукам».

В астрономической обсерватории регулярно проводились лекции. Они знакомили с основами астрономии и сопровождалась показом диапозитивов. Вот темы некоторых лекций: о комете Галлея (в связи с ее появлением в 1910 г.); о 300-летию изобретения телескопа; Луна и ее наблюдения; строение Вселенной; великое противостояние Марса 1909 года и другие. Занятия были не только теоретическими, но и практическими. Так, довольно часто кружковцы наблюдали в телескоп звезды, составляли карты созвездий, Луны...

Работа в обсерватории и астрономическом кружке «Знание неба» продолжалась до конца 1911 г., пока С. Т. и В. Н. Шацкие не переехали с ребятами в Калужскую губернию, где организовали детскую колонию «Бодрая жизнь». Туда же, по-видимому, в 1920—1921 гг. перевезли 5-дюймовый рефрактор. В течение нескольких лет учащимся показывали в этот телескоп звезды, Луну, планеты. Однако систематические занятия по астрономии в школе-колонии не проводились.

Значение созданного С. Т. Шацким

астрономического кружка и народной обсерватории состоит не только в том, что молодым людям, в основном, из среды рабочего класса, давались знания по естественным наукам (астрономии, физике, химии), но, главное, им прививалась любовь к труду, творчеству, самостоятельному материалистическому мышлению.

Прогрессивный характер педагогической деятельности С. Т. Шацкого особенно ярко выявился после Октябрьской революции. С. Т. Шацкий вступил в Коммунистическую партию и стал активным строителем советской школы. В 1917 г. его назначили заведующим Московским отделом Народного образования, с 1921 г. он — член Главного ученого совета Наркомпроса, с 1932 г. — директор Московской консерватории. Скончался С. Т. Шацкий в 1934 г.

После Октябрьской революции обсерватория в Вадковском переулке длительное время бездействовала. В 1929 г. на нее обратили внимание в Московском обществе любителей астрономии (МОЛА). В те годы заместителем председателя коллектива наблюдателей МОЛА был В. В. Федьинский (ныне член-корреспондент АН СССР, вице-президент ВАГО, почетный член ВАГО). От имени МОЛА он начал переговоры с Наркомпросом и в результате был заключен договор на пользование помещением обсерватории. Там установили 3-дюймовый рефрактор Цейсса. В апреле 1929 г. обсерватория была открыта. Она стала именоваться «2-й обсерваторией МОЛА».

В 30-е годы на этой обсерватории члены Московского общества любителей астрономии (а затем — Московского отделения ВАГО) проводили наблюдения Луны и Солнца, планет, метеоров. Работали курсы по технике фотографии, изготавливались диапозитивы для научно-популярных лекций. Обсерватория функционировала до Великой Отечественной войны.

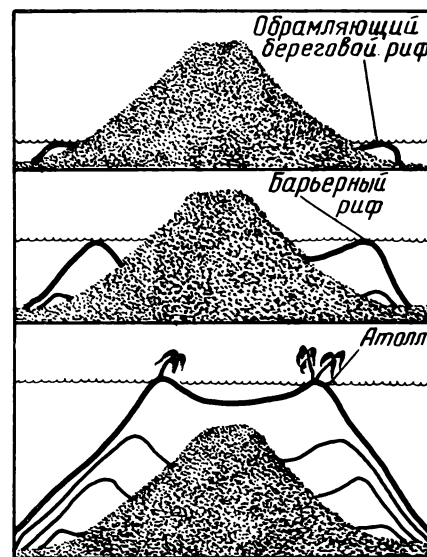
В. К. ЛУЦКИЙ
ученый секретарь Московского отделения ВАГО



КАК ПРОИЗОШЛИ КОРАЛЛОВЫЕ РИФЫ

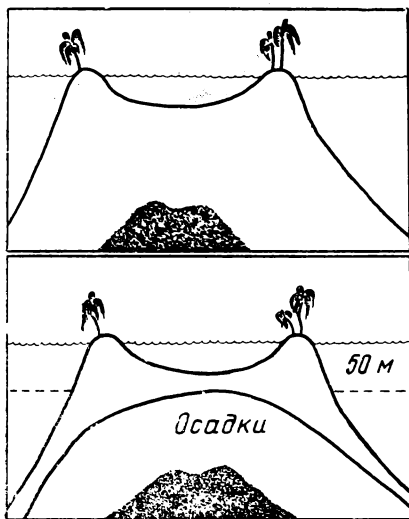
Два столетия назад (в 1770 г.) корабль Джеймса Кука сел на мель у Большого Барьерного Рифа. Это событие можно считать причиной научной дискуссии и исследований коралловых островов. Интересно было объяснить, почему у коралловых рифов разная форма и разная высота.

Естествоиспытатели предположили, что высокие острова — это не что иное, как вершины вулканов, а вот низкие?... Их назвали атоллами. У атоллов есть замечательная морфологическая особенность — серповидная форма. Внутреннюю часть занимает мелководная лагуна, соединяющаяся с океаном. Похоже, что атоллы — это погружившиеся крате-



Теория Дарвина описывает процесс, при котором обрамляющий береговой риф превращается в барьерный, а затем становится атоллом. Островная суша опускается вниз. Кораллы растут вверх с постоянной скоростью до тех пор, пока процесс оседания идет очень быстро

ры вулканов. Но предположение нуждалось в аргументах. Простую научную аргументацию привел Чарльз Дарвин. По его мнению, три основные формы коралловых рифов — обрамляющий береговой риф, барьерный риф и атолл — прогрессирующие стадии одного процесса. Коралловая личинка проникает на мелководье подводного склона, окружающего вулканический остров, и начинает там размножаться, образуя колонию, которая разрастается в ширину и высоту вокруг острова, подобно бахроме. Остров медленно опускается — риф растет. Одновременно образуется и постепенно расширяется канал, отделяющий риф от береговой черты. Так формируется барьерный риф. Процесс длится тысячелетия, и остров в конце концов целиком погружается в океан. Окружающий его коралловый риф становится атоллом, в центре которого на месте опустившегося острова появляется лагуна. Дарвин высказал свои идеи в книге «Структура и распределение коралловых рифов»



В противоположность теории Дарвина, Джон Мэррей предположил, что рифы обязаны своим происхождением подводным хребтам. На верхних участках этих хребтов постепенно накапливаются остатки библионов планктонных организмов, живущих в поверхностных водах. Когда глубина над осадочным образованием составил 50 м, начинается рост кораллов

в 1842 г. И в течение многих лет эта теория была единственным научным объяснением происхождения коралловых рифов. Однако в 1880 г., за два года до смерти Дарвина, молодой натуралист Джон Мэррей, принимавший участие в экспедиции «Челенджера», бросил вызов теории. Мэррей считал, что в тропических районах океана существуют другие процессы, благодаря которым образуются подводные возвышения на больших глубинах, и на этих возвышениях, как на фундаменте, вырастают коралловые рифы. Мэррей имел в виду библионы планктонных организмов, живущих в поверхностных водах океана, отмершие остатки которых собираются на дне. Во время экспедиции на «Челенджере» он попытался подсчитать среднюю концентрацию этих крошечных созданий на единицу площади. Мэррей ошибочно полагал, что планктон распределяется равномерно, и поэтому получил ошеломляющий ответ — более 16 т на квадратную милю. Этот обильный материал, опускаясь вниз, нарастает, как снежный ком, на подводных хребтах и гребнях до тех пор, пока не достигнет глубины, где могут развиваться коралловые личинки, которые строят риф.

В конце прошлого столетия ученые пришли к выводу, что обе теории заслуживают доверия. И критерием правильности какой-либо из них могли быть только результаты бурения глубоких скважин.

Дарвин поделился идеей бурения с американским натуралистом А. Агассисом, и тот отправился в экспедицию на острова Фиджи. К сожалению, на этот раз при бурении не удалось достичь той предельной глубины, где кораллы уже не развиваются.

Следующее бурение проводилось в 1896 г. на островах Эллиса. Прошли скважину до глубины около 400 м и обнаружили под поверхностным песчаным слоем не спрессованный ил и не вулканическую скалу, а основание из мертвых кораллов.

Сторонники Дарвина уверяли, что кораллы, найденные на такой глубине, конечно же, образовались вблизи поверхности, а затем опустились. Мэррей встретил эту новость спокойно и утверждал, что буровая скважина была заложена слишком близко к внешней стороне атолла и поэтому найденные на глубине кораллы оказались там в результате разрушения крутого рифового склона, обращенного к морю.

В 1919 г. геолог Р. Дэли предположил, что многие загадочные черты коралловых рифов можно объяснить изменением уровня моря, которое вызывается замерзанием и таянием

ледяного покрова полярных областей. В эпоху последнего оледенения коралловые рифы могли жить только в районе экватора, ибо в других частях океана вода была слишком холодна для них. Затем, когда огромные ледяные массивы растаяли, уровень океанов поднялся и вода стала теплее. Коралловые колонии основались на вершинах слегка погруженных под воду вулканических конусов или на каких-либо других платформах из песка и ракушечного материала, а затем стали расти вверх.

Серьезное подтверждение теории Ч. Дарвина получила в 1945 г. во время бурения на Маршалловых островах. С глубин от 1400 до 1600 м были подняты колонки грунта, включающие материковые ископаемые моллюски. Это и есть свидетельство опускания островов.

В настоящее время вопрос о происхождении коралловых рифов до конца не решен. Все современные точки зрения не опровергают, а дополняют друг друга, подтверждая в основном теорию Дарвина.

«Sea Frontiers», 17, 4, 1971.

СВЕЧЕНИЕ ЗЕМНОЙ МАГНИТОСФЕРЫ

Исследования, выполненные американскими учеными Ч. Джонсоном, Дж. Янгом и Дж. Холмсом, указывают, что магнитосфера обладает ультрафиолетовым свечением. Его вызывают ионы гелия, которые резонансно рассеивают поступающие от Солнца фотоны с длиной волны 304 Å. Именно на этой длине волны должны излучать ионы гелия, имеющие достаточную энергию.

Если в солнечном ветре есть фотоны с длиной волны 304 Å, то они непременно будут отражены ионами гелия. Причем любой фотон претерпит, вероятно, лишь одно отражение в сильно разреженной магнитосфере. Поэтому яркость ее свечения будет прямо пропорциональна количеству ионов гелия на «луче зрения» прибора, установленного на борту геофизической ракеты. Запуская ракеты в магнитосферу и область, лежащую над ней, можно будет проверить все эти предположения.

«Science», 171, 3969, 1971.



А. Я. САЛТЫКОВСКИЙ
кандидат геолого-минералогических наук

Вулканы

Монголии

В течение нескольких лет автор заметки был участником совместной Советско-Монгольской комплексной геологической экспедиции в Монгольской Народной Республике. На территории Монголии в мезозойское и кайнозойское время (последние 170 млн. лет) вулканическая деятельность была очень активной, а сейчас на поверхности видны только потухшие вулканы.

На земном шаре насчитывается две с половиной тысячи вулканов, шестьсот из них — активные, действующие. К действующим относят те вулканы, которые как-то проявили себя на протяжении исторической эпохи.

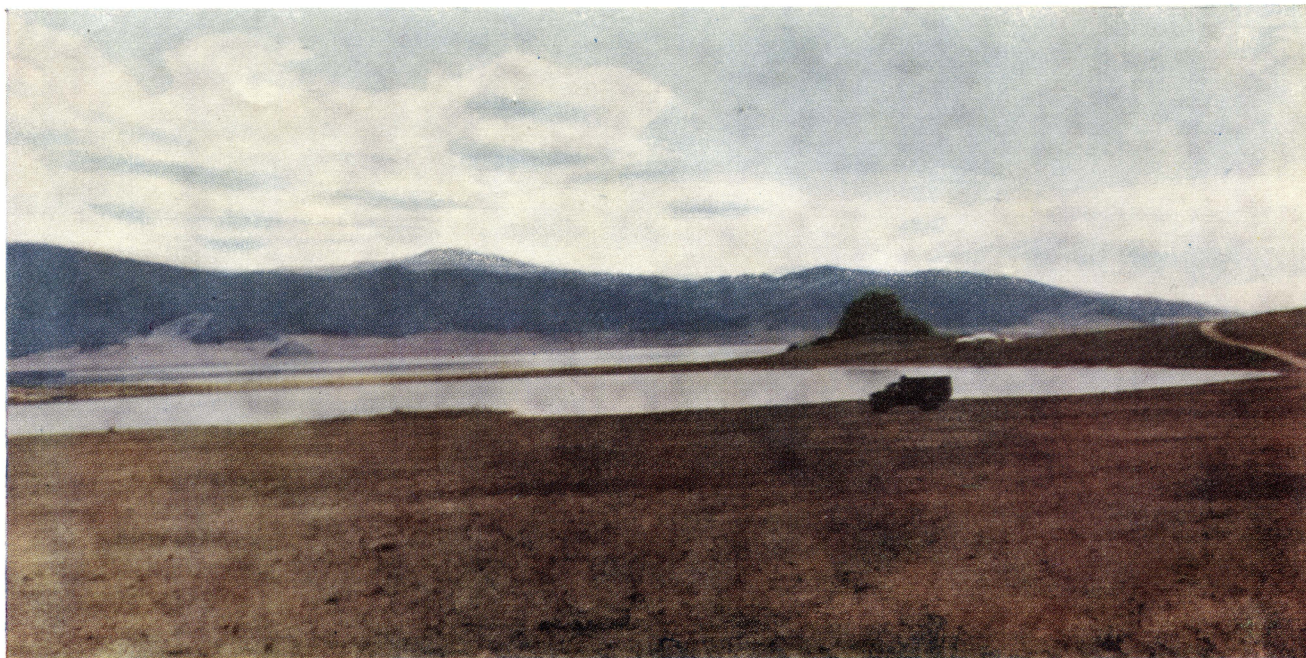
Застывшая лава вулканов — базальты — покрывает обширные пространства нашей планеты. Изучение базальтов приобретает особый интерес именно сейчас, когда очень похожие породы обнаружены на Луне. Сравнительный анализ земных и лунных базальтов даст возможность, по-видимому, многое понять в их природе, а вместе с тем познать процессы, протекающие в недрах обеих планет.

Участники экспедиции детально исследовали распространение различных вулканических пород, их состав и химические свойства.

Фото автора



Один из вулканов на севере Монголии. Такие конусы, сложенные иногда плотными, а иногда рыхлыми вулканическими породами, вздымаются к небу на разных континентах и в разных странах

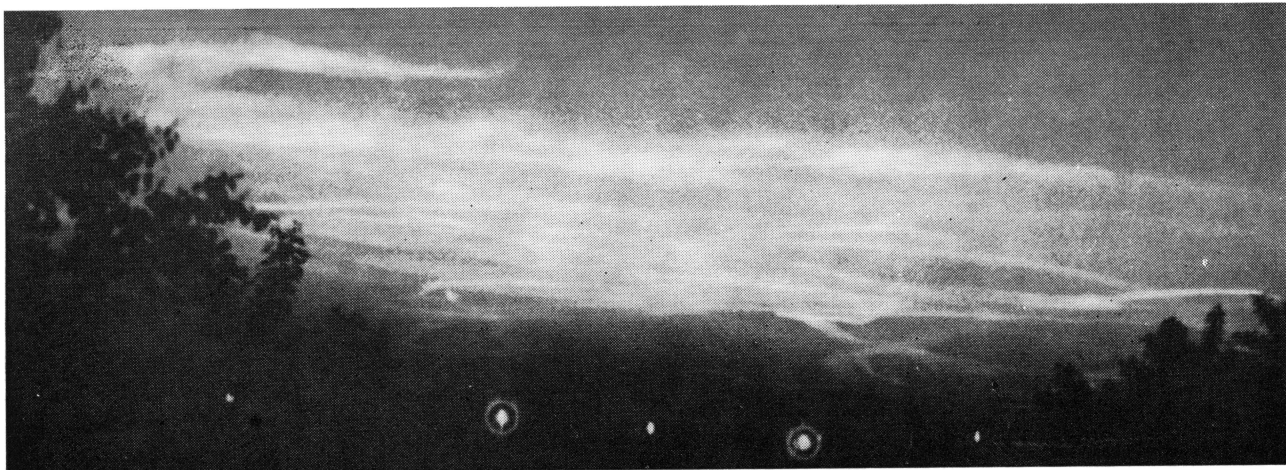


Озеро Тэрхин-Цаган-нур на севере Монголии. Его обрамляют высокие скалы, сложенные в основном вулканическими породами — базальтами. В этом районе мощные излияния базальтовых лав происходили главным образом по протяженным трещинам

[К заметке
«Вулканы Монголии»]

Долина реки Сумыйн-гол, покрытая застывшими базальтами, через которые с трудом пробиваются низкорослые сосны

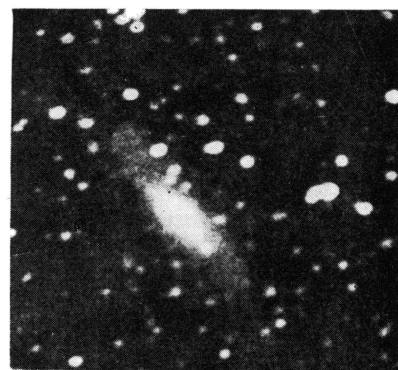




Серебристые облака в Рыбинске

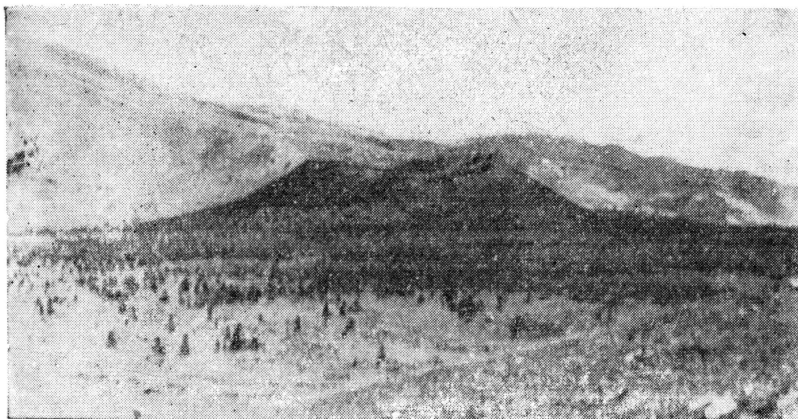
Снимки получены любителем астро-
номии В. Фроловым

Туманность Андромеды ►



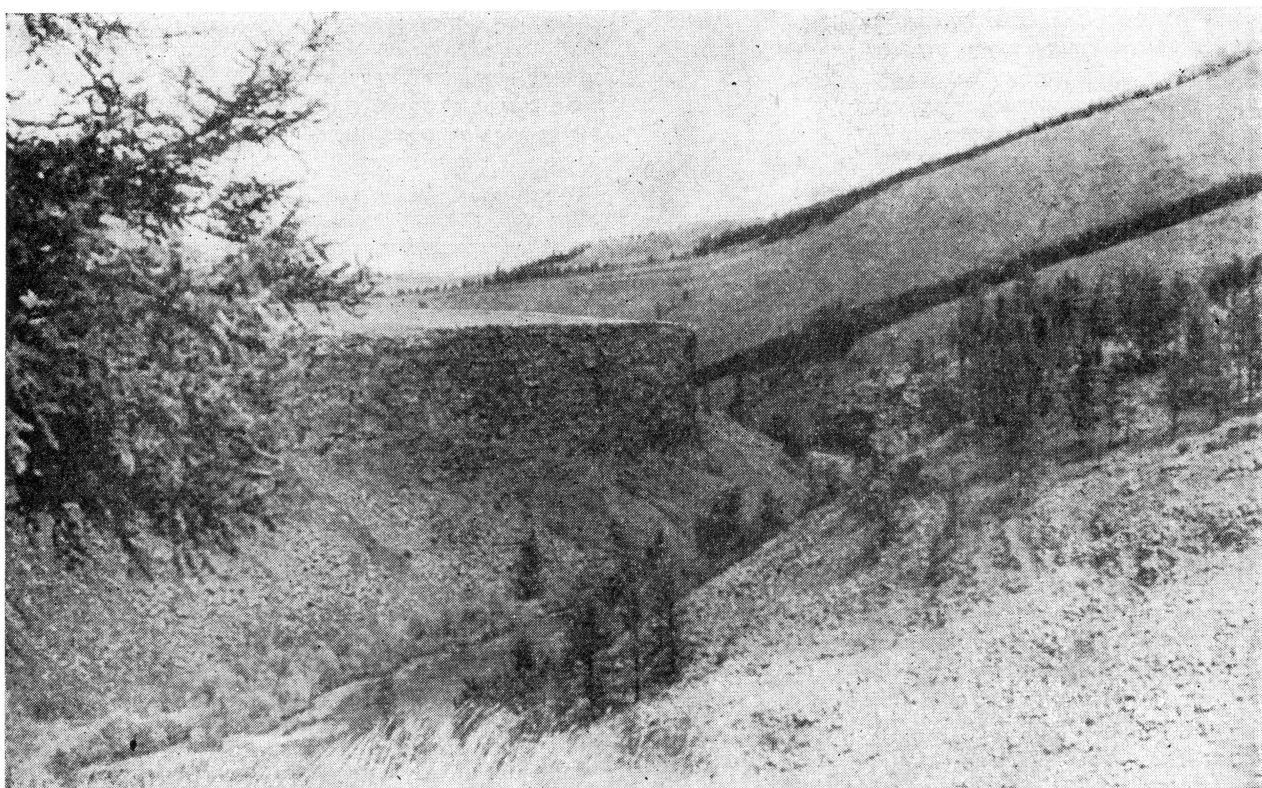
Млечный Путь в созвездии Лебедя





Шлаковый конус Тэрхин-Цаган-нур. Конусы появляются на поверхности лавовых «рек» после их застывания. Их образование связано с прорывом через остывшую корку потока еще жидкой и текучей лавы, насыщенной водой и газами. Внутри конуса обычно имеется кратер. Одна из внутренних стенок кратера показана на снимке справа

Река Чулуутун-гол. Небольшие, но очень быстрые реки Монголии совершают титаническую работу, пропиливая за несколько тысяч лет глубокие каньоны в базальтах. Высота каньонов достигает 60—80 м



Стихи

о

Вселенной

ВАЛЕРИЙ ЯКОВЛЕВИЧ БРЮСОВ

ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ

Я мальчиком мечтал, читая Жюль Верна,
Что тени вымысла плоть обретут для нас;
Что поплывет судно громадной «Грит-Истерна»;
Что полюс покорит упрямый Гаттерас;
Что новых ламп лучи осветят тьму ночную;
Что по полям пойдет, влекомый паром, Слон;
Что «Наутилус» нырнет свободно в глубь морскую;
Что капитан Робюр прорежет небосклон.

Свершились все мечты, что были так далеки.
Победный ум прошел за годы сотни миль:
При электричестве пишу я эти строки,
И у ворот, гудя, стоит автомобиль;
На полюсах взвились звездистые знамена;
Семья «Титаников» колеблет океан,
Подводные суда его взрезают лоно,
И в синеву, треща, взлетел аэроплан.

Но есть еще мечта, чудесней и заветней;
Я снова предан ей, как в юные года:
Там, далеко от нас, в лазури ночи летней,
Сверкает и зовет багряная звезда.
Томят мою мечту заветные каналы,
О существах иных твердят безвольно сны...
Марс, давний, старый друг! наш брат! двойник
наш алый!

Ужели мы с тобой вовек разлучены?

Не верю! Не хочу здесь, на зеленом лоне,
Как узник, взор смежить! Я жду, что сквозь эфир,
В свободной пустоте, помчит прибор Маркони
Приветствия земли в родной и чуждый мир;
Я жду, что, наконец, увижу шар блестящий,
Как точка малая, затерянный в огнях,
Путем намеченным к иной земле летящий,
Чтоб братство воссоздать в разрозненных мирах.

28 мая 1912

ДЕТСКИЕ УПОВАНИЯ

Снова ночь и небо, и надменно
Красный Марс блистает надо мной.
Раб земли, окованный и пленный,
Что томиться грезой неземной?

Не свершиться детским упованиям!
Не увидишь, умиленный, ты
Новый луч над вечным мирозданием:
Наш корабль в просторах пустоты!

Не свершишь ты первого полета,
Не прочтешь и на столбцах газет,
Что безвестный, ныне славный, кто-то,
Как Колумб, увидел новый свет.

Что ж, покорствуй! Но душа не хочет
Расставаться с потаенным сном
И рыдая, радостно пророчит
О великом имени земном.

О, ужель, как дикий краснокожий,
Удивится пришлецам Земля?
И придет крестить любимец божий
Наши воды, горы и поля?

Нет! но мы, своим владея светом,
Мы, кто стяг на полюс довели,
Мы должны нести другим планетам
Благовестье маленькой Земли.

1914

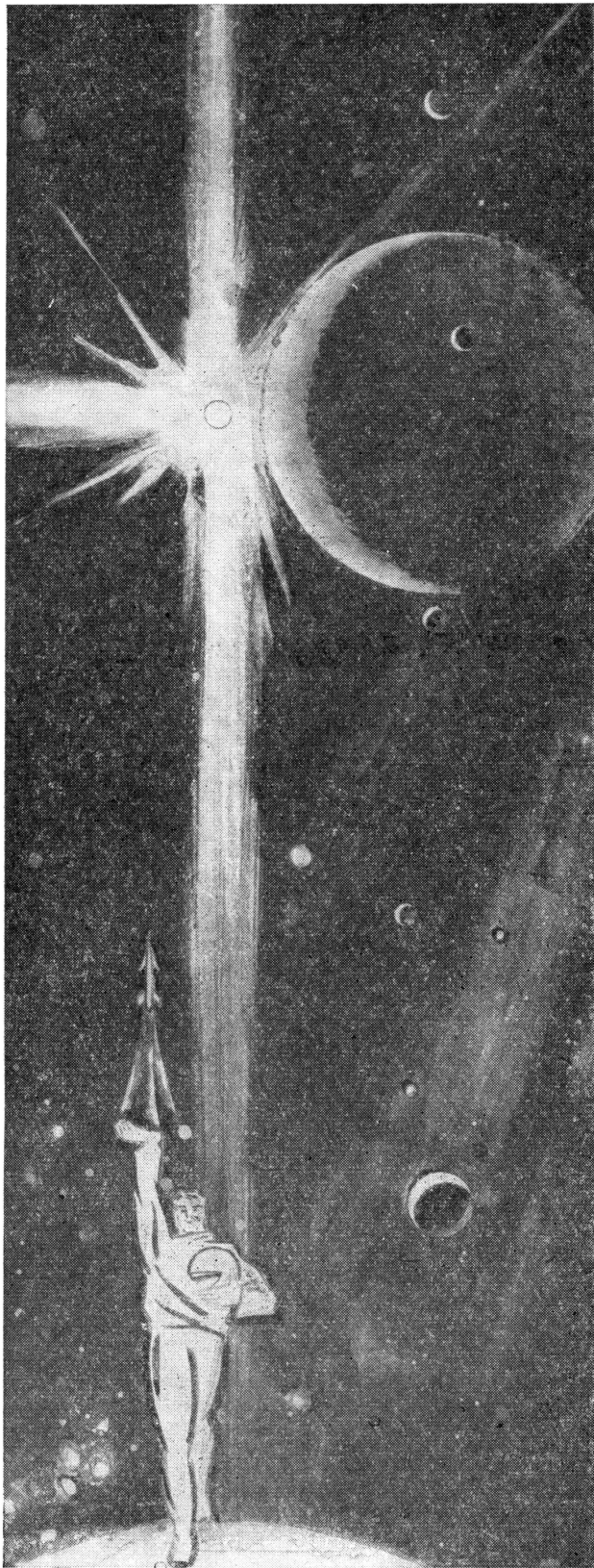
* * *

Когда стоишь ты в звездном свете,
Смотря на небо, не забудь,
Что эти звезды, блески эти
И те, что слиты в Млечный Путь,—

Все это — солнца огневые,
Как наше солнце, и кругом
Плывут шары земель,— такие,
Как шар земной, где мы живем.

В просторном океане неба,
Как в жизни нашей,— тот же круг;
Там тот же бодрый труд для хлеба,
Та ж радость песен и наук.

1920



СЫН ЗЕМЛИ

Я — сын земли, дитя планеты малой,
Затерянной в пространстве мировом,
Под бременем веков давно усталой,
Мечтающей бесплодно о ином.

Я — сын земли, где дни и годы — кратки,
Где сладостна зеленая весна,
Где тягостны безумных душ загадки,
Где сны любви баюкает луна.

От протоплазмы до ихтиозавров,
От дикаря с оружием из кремня
До гордых храмов, дремлющих меж лавров,
От первого пророка до меня,—

Мы были узники на шаре скромном,
И сколько раз в бесчисленной смене лет
Упорный взор земли в просторе темном
Следил с тоской движения планет!

К тем сестрам нашей населенной суши,
К тем дочерям единого отца.
Как много раз взносились наши души,
Мечты поэта, думы мудреца!

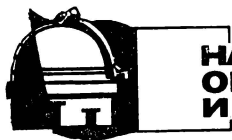
И, сын земли, единый из бесчисленных,
Я в бесконечное бросаю стих,—
К тем существам, телесным иль бесплотным,
Что мыслят, что живут в мирах иных.

Не знаю, как мой зов достигнет цели.
Не знаю, кто привет мой донесет,
Но, если те любили и скорбели,
Но, если те мечтали в свой черед

И жадной мыслью погружались в тайны,
Следя лучи, горящие вдали,—
Они поймут мой голос не случайный,
Мой страстный вздох, домчавшийся с земли!

Вы, властелины Марса иль Венеры,
Вы духи света иль, быть может, тьмы,—
Вы, как и я, храните символ веры:
Завет о том, что будем вместе мы!

1913



Шольинская народная обсерватория

Увлекаюсь я астрономией давно, но сочетать свою работу с любимым делом не мог. Выйдя на пенсию, я решил построить телескоп. Началась переписка с Киевским, Московским и Одесским отделениями Всесоюзного астрономо-геодезического общества. Руководитель отдела любительского телескопостроения Центрального со-

вета ВАГО М. М. Шемякин прислал мне книгу профессора М. С. Навашина «Телескоп астронома-любителя». Книга меня воодушевила. Захотелось не только построить телескоп, но и создать небольшую обсерваторию.

Мою инициативу поддержали директор Шольинского леспромхоза Е. Я. Мартюшев, директор Шольин-

ской средней школы Н. И. Грахов, первый секретарь Камбарского райкома КПСС А. М. Вечтомов, председатель Камского поселкового совета Н. Я. Кашин. Из печати я узнал, что в Крымской юношеской обсерватории под руководством оптика Г. М. Попова изготавливают зеркала для любительских телескопов. По нашей прось-



Народная обсерватория в поселке Шолья Камбарского района Удмуртской АССР

Фото Л. Орловой

бе в обсерватории сделали главное зеркало диаметром 254 мм с фокусным расстоянием 1800 мм и плоское диагональное зеркало диаметром 70 мм. Их мы получили в январе 1970 г. После этого у нас закипела работа.

Нелегко было найти лист дюралюминия для трубы. Труба нашего телескопа имеет длину 1900 мм и диаметр 320 мм. Оправа для главного зеркала была отлита из алюминия. Часовая ось установки телескопа приводится в движение электромоторчиком, питаемым батареей от карманного фонаря. На обеих осях сделаны зажимы для их закрепления в любом положении.

Как только стоял снег, начали строить башню. На глубину 2,2 м вкопали массивный железобетонный фундамент для телескопа и нарастили его шлакоблоками до нужной высоты. Старшеклассники обшили башню тесом. Высота башни до купола 5,75 м, диаметр 4 м. Много хлопот было с постройкой купола.

Руководитель отдела телескопостроения ЦС ВАГО М. М. Шемякин рекомендовал нам обратиться в Одесский инженерно-строительный институт. Институт снабдил нас необходимыми чертежами, фотоснимками обсерваторий и подробной инструкцией, как построить купол. Его изготовили в ремонтно-механических мастерских леспромхоза. Каркас купола сделан из труб диаметром $\frac{1}{2}$ дюйма, обшит купол кровельным железом. К опорному поясу приварена цепь, с помощью которой редуктор, прикрепленный к стене башни, приводит купол в движение. Щель на куполе (шириной 77 см) хорошо и плавно закрывается и открывается.

Постройка народной обсерватории велась в основном Камским поселковым советом и Шольинским леспромхозом. Большую помощь оказали лесозавод Камбарского лесхоза (начальник А. А. Романов) и строительно-ремонтный поезд-184 (начальник И. А. Модин).

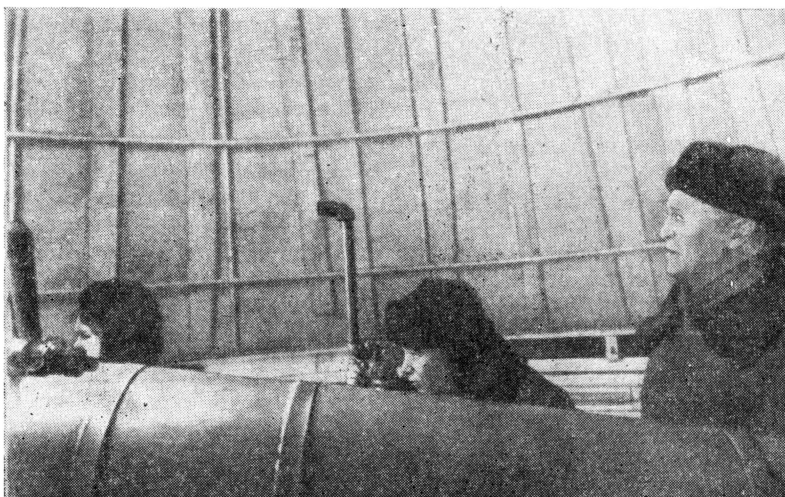
Партию оптических приборов и инструментов мы получили от воинских частей.

Первыми моими помощниками бы-



Организаторы народной обсерватории Антонина Даниловна Ярцева и Иван Павлович Ярцев

Фото Л. Орловой



Школьники наблюдают Луну

Фото А. Малкова

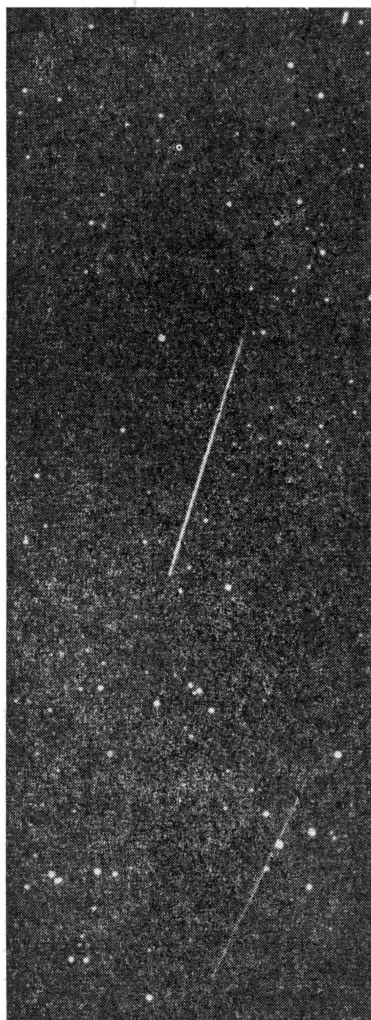
ли жена Антонина Даниловна Ярцева и сын Леонид Иванович Ярцев. Активно участвовали в строительстве обсерватории преподаватели Шольинской средней школы и работники ремонтно-механических мастерских Шольинского леспромхоза. Большое им спасибо.

Мы обращаемся к директорам средних школ, преподавателям астрономии, физики, математики, географии и любителям астрономии с призывом: «Каждой средней школе — свою обсерваторию!»

И. П. ЯРЦЕВ



Наблюдайте «звездный дождь» Драконид!



С 6 по 10 октября 1972 г. Земля пройдет сквозь метеорный поток Драконид. Этот поток, дававший в 1933 и 1946 гг. обильнейшие метеорные дожди, связан с кометой Джакобини — Циннера (1900 III).

8 октября 1972 г. в 18 часов 36 минут по московскому времени Земля будет на кратчайшем расстоянии (111 000 км) от орбиты кометы. Сама комета пройдет район сближения орбит на 59 дней раньше. В 1933 г. Земля находилась в районе сближения орбит через 80 дней после кометы, в 1946 г. — спустя 15 дней. В эти годы число метеоров достигало в максимуме 80—100 в минуту. Возможно, что метеорный дождь повторится в 1972 г. Условия его наблюдения весьма благоприятные, так как на 7 октября приходится новолуние.

Многие обсерватории готовятся к наблюдениям метеорного дождя. Однако и любители астрономии, особенно Сибири, Дальнего Востока и южных республик, где больше надежд на хорошую погоду в октябре, не должны упускать такую возможность, тем более что их наблюдения не дублируют профессиональные, а дополняют.

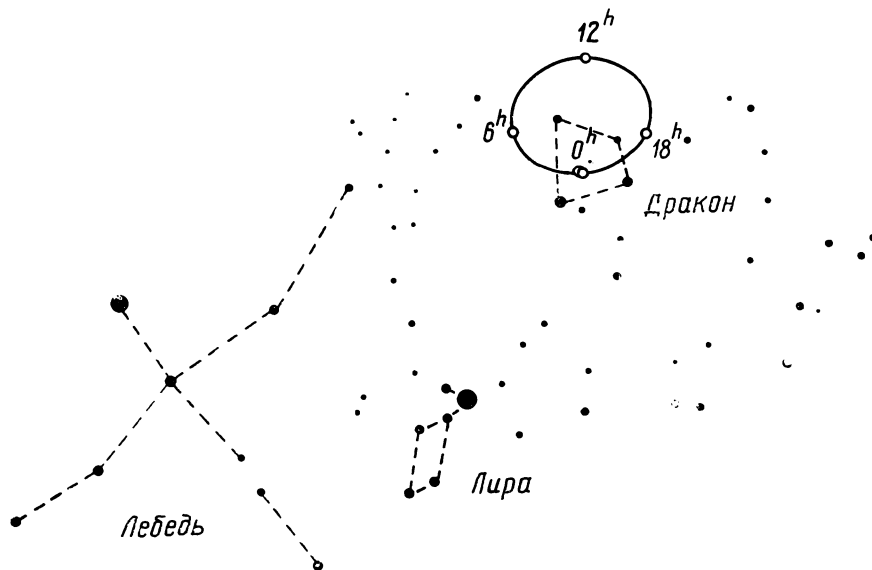
В ночи с 6 по 8 октября и с 9 по 11 октября наблюдения достаточно проводить в течение двух-трех часов около местной полуночи, чтобы определить число метеорных частиц в периферийных областях роя. В ночь с 8 на 9 октября наблюдать Дракониды следует от вечерних до утренних сумерек. Особенно важно отметить время интенсивного метеорного дождя и момент его максимума. Метеорные дожди Драконид в 1933 и 1946 гг. были непродолжительными (около 1,5—2 часа). Вероятно, и в

этом году «дождь» будет кратковременным.

Основная цель наблюдений — подсчет числа метеоров в ограниченной околозенитной области неба диаметром 60°. Если метеоры светятся на высоте 90 км, то наблюдатель сможет определить число метеорных частиц на площади 9 600 км². Когда число метеоров достигнет нескольких десятков в минуту, поле зрения наблюдателя необходимо уменьшить до 20—15°. Ограничить область неба лучше всего гимнастическим кольцом, подвесив его на распорках над головой наблюдателя (высота подвеса определяется диаметром кольца). Наблюдения ведутся лежа. Наблюдателю нужны точные часы и фонарик, который не должен слепить глаза. Через каждые 50 минут следует делать 10-минутный перерыв. Метеоры надо считать только в круге!

Лучше, если один наблюдатель считает метеоры, а время и число метеоров записывает другой (через 50 минут они могут поменяться ролями). В журнале наблюдений отмечают, сколько метеоров пролетит за 5 минут. Желательно указать их яркость, но если это вызовет затруднения, то хотя бы записать, сколько было ярких, средних и слабых метеоров в каждом 5-минутном интервале. При «звездном дожде» подсчитывают число метеоров за 3 или 1 минуту без оценки яркости. Как вести журнал наблюдений и выполнить предварительную обработку результатов, рассказано в книге П. Г. Куликовского «Справочник любителя астрономии». («Наука», М., 1971 г., стр. 339).

Если у любителя астрономии есть фотоаппарат («Зоркий», «Зенит», «Ленинград»), объектив которого имеет



Радиа́нт метеорного потока Драконид в течение суток описывает среди звезд петлю, размеры которой зависят от места наблюдений: чем дальше к югу, тем больше петля. На рисунке — движение радианта для Ашхабада. На петле указаны часы местного времени

светосилу 1:2 или 1:1,5, то можно получить ценные данные по фотографической численности метеоров в зените во время «дождя». Метеоры лучше фотографировать на чувствительную пленку (180 или 250 ед. ГОСТ) с экспозицией 5, 10, 15 или 20 минут, в зависимости от интенсивности метеорного потока. Время начала и конца экспозиции каждого кадра должно быть известно.

Метеорный отдел Центрального совета Всесоюзного астрономо-геодезического общества просит всех, кто собирается наблюдать Дракониды в 1972 г., сообщить об этом по адресу: Москва К-9, а/я 918, ВАГО, «Дракониды». Группам любителей и астрономическим кружкам могут быть высланы инструкции. Результаты и журналы наблюдений просьба прислать по указанному адресу.

Г. Л. ХОТИНОК:



ПРИРОДА ПОЛЯРНЫХ ШАПОК МАРСА

До сих пор нет единого мнения о природе полярных шапок Марса. Одни исследователи считают, что шапки состоят из сухого льда с небольшой примесью водяного снега. Другие полагают, что полярные шапки образуются из водяного инея или снега. Однако содержание водяных паров в атмосфере Марса чрезвычайно мало. Следовательно, иней или снег, осаждаемые в процессе формирования полярной шапки, не могут покрыть поверхность без прогалин. Между тем на снимках, полученных космическим аппаратом «Маринер-7», полярные шапки, по крайней мере в своей центральной части, полностью покрывают поверхность и даже краеры.

Сотрудники Горьковского научно-исследовательского Радиофизического института В. И. Алешин и О. Б. Щуко рассчитали температурный режим появления снега на поверхности Марса. По их мнению,

данные наблюдений не удается согласовать с гипотезой о чисто углекислотной природе полярных шапок.

Появление снега в высоких широтах Марса соответствует началу конденсации водяных паров. При температуре 193°K образуется иней из H_2O . Осенью в высоких широтах Солнце стоит низко над горизонтом, и солнечной радиации, поглощенной грунтом, недостаточно для испарения инея. Поэтому температура поверхности, когда появляется иней, продолжает понижаться и днем. Как только она снизится до 146°K , начинается конденсация углекислого газа — главного компонента марсианской атмосферы. Вымораживание CO_2 вызывает падение атмосферного давления и перемещение в эту область углекислого газа из соседних областей. Постоянная конденсация CO_2 поддерживает температуру поверхности на неизменном уровне.

В течение всей зимы в полярных шапках накапливается снег из CO_2 . Одновременно происходит вымораживание все новых и новых порций

водяного пара, поступающего с более низких широт. Кристаллики H_2O будут вкраплены в толщу углекислотного снега, который составляет основную массу полярной шапки. Он предохраняет водяной снег от испарения в дневное время.

Когда Солнце поднимается над горизонтом достаточно высоко, снег из CO_2 начинает испаряться, а водяной снег продолжает накапливаться. На слое сухого льда образуется слой водяного снега, который и определяет оптические свойства полярных шапок. После исчезновения углекислотного снега температура поверхности поднимается до температуры испарения H_2O . Солнце в это время находится высоко над горизонтом. Снег из H_2O стает за несколько дней, увлажняя грунт и образуя темную кайму по краям полярной шапки.

Следует заметить, что поляризационные и инфракрасные наблюдения дают информацию лишь о самом верхнем слое вещества полярных шапок и поэтому их результаты не противоречат гипотезе об углекислотной природе полярных образований, на поверхности которых осаждаются снег или иней H_2O . «Астрономический журнал», 49, 2, 1972.

САМЫЕ НЕОБЫЧНЫЕ РЕНТГЕНОВСКИЕ ИСТОЧНИКИ

До недавнего времени считалось, что самый мощный источник рентгеновского излучения — Крабовидная туманность, конечно, если не говорить об излучении галактик и квазаров. Однако первенство этого во многих отношениях примечательного объекта, по-видимому, уходит в прошлое.

На американском исследовательском ИСЗ «Uhuru» в мягком рентгеновском диапазоне 2—7 кэв наблюдались спутники нашей Галактики — Магеллановы Облака. В Большом Облаке обнаружено три источника, причем один из них, вероятно, не одиночный, а представляет собой группу объектов. Если рентгеновское излучение этого источника вызвано торможением электронов в поле ядер, то температура излучающей плазмы должна быть чрезвычайно высока — выше, чем у большинства известных источников. Она равна 87 млн. градусов. Ни один из трех рентгеновских источников в Большом Магеллановом Облаке не удалось отождествить ни с остатками Сверхновых, ни с Новыми, вспыхивавшими в 1970 и 1971 гг.

В Малом Облаке открыт только один, но очень интересный источник рентгеновского излучения. Он быстро и в широких пределах меняет свой блеск. Например, 12 января 1971 г. рентгеновский поток от этого источника сначала был 19 квант/сек, а через четыре часа светимость его настолько упала, что источник вообще исчез (поток стал меньше чем 0,7 квант/сек). Линейные размеры источника в Малом Магеллановом Облаке вряд ли превосходят размеры Солнечной системы. Максимальная светимость этого компактного объекта составляет $1,2 \cdot 10^{38}$ эрг/сек — в 10 раз больше, чем светимость Крабовидной туманности! И в то же время источник в Малом Облаке не является остатком Сверхновой. Он, скорее, напоминает известные рентгеновские объекты Лебедь XR-1 и Скорпион XR-1, но светимость его в тысячи и десятки тысяч раз больше! Рентгеновский источник в Малом Магелла-

новом Облаке самый мощный и самый необычный из всех известных ныне.

«Astrophysical Journal Letters», 170,

December 1, 1971.



КРУПНЫЙ СДВИГ В ЗЕМНОЙ КОРЕ

17 июля 1971 г. сеть сейсмических приборов, установленных в сейсмоактивной зоне штата Калифорния, зарегистрировала крупнейшее из когда-либо наблюдавшихся смещение геологических блоков. Оно произошло в районе разлома Сан-Андреас, точнее, в ответвляющихся от него разломах Калаверас и Хейуард. Максимальный сдвиг пород в этот день достиг 9 мм, тогда как обычно среднегодовая его величина в городе Холлистере не превышает 10 мм.

Впервые, благодаря созданию в последние годы густой сети приборов, в этом районе удалось измерить длину разрыва. Она оказалась близкой к 6 км.

За неделю до этого события было отмечено несколько аналогичных явлений, причем 11 июля 1971 г. произошло смещение северной части разлома Сан-Андреас на 4 мм, в августе процесс продолжался, хотя и в меньшем масштабе.

Специалисты считают, что события июля — августа 1971 г. должны привести к значительной разрядке сейсмического напряжения в зоне разлома вблизи Холлистера. Поскольку смещения земной коры охватили основной разлом Сан-Андреас и его ответвления Хейуард—Калаверас, между этими разломами должно существовать какое-то взаимодействие. Если это так, то наблюдавшееся смещение земной коры может привести к разрядке сейсмического напряжения также и вдоль главного разлома Сан-Андреас, в его части, расположенной севернее Холлистера.

«Geotimes», 16, 11, 1971.

ОБМЕН ЛУНЫМ ГРУНТОМ

13 апреля Президиум Академии наук СССР посетили представители Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства США (НАСА). Состоялась передача образцов лунного грунта из числа доставленных на Землю советской автоматической станцией «Луна-20». Одновременно советским ученым был передан образец лунного грунта, полученного экипажем американского корабля «Аполлон-15».

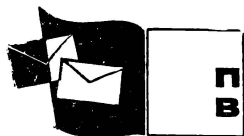
Обмен совершен в соответствии с соглашением между Академией наук СССР и НАСА, подписанным в январе 1971 г.

«Правда», 14 апреля 1972 г.

НОВЫЕ КНИГИ

ПОПУЛЯРНО О КОСМИЧЕСКИХ ВЗРЫВАХ

В 1972 г. издательство «Наука» выпустило вторым изданием книгу В. Г. Горбацкого «Космические взрывы». В ней изложены основные сведения о различных взрывах во Вселенной — от хромосферных вспышек до взрывов в ядрах галактик. Читатели познакомятся с физикой явления взрыва, со способами изучения космических объектов, с особенностью взрывных явлений, происходящих на различных небесных телах, и с современными представлениями о роли взрывов в эволюции звезд и звездных систем. В книге В. Г. Горбацкого немало формул, но каждую из них автор подробно и понятно объясняет, поэтому формулы, не затрудняя чтение книги, помогают читателю глубже проникнуть в сущность описываемых физических процессов.



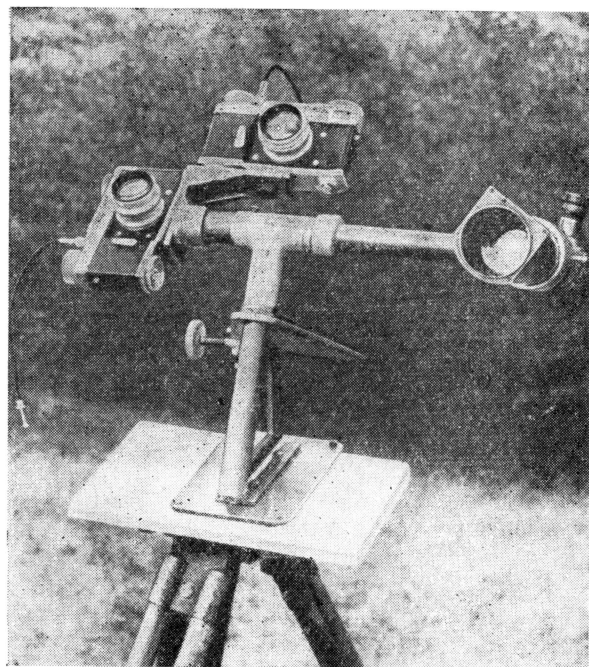
ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

Уважаемая редакция!

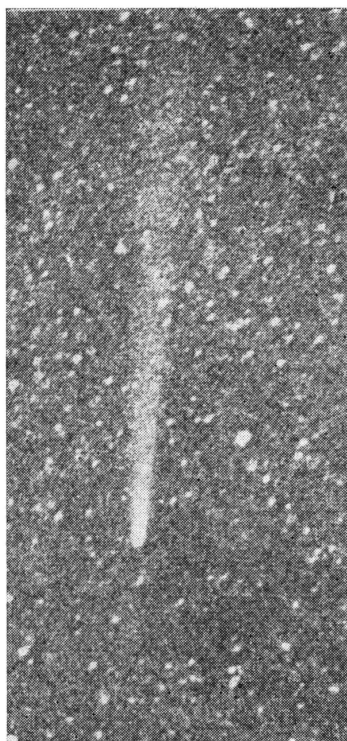
Я уже несколько лет занимаюсь наблюдениями звездного неба, метеоров, комет, серебристых облаков. В течение одного 1970 года мне удалось наблюдать четыре кометы: Таго — Сато — Косака, Беннета, Абе, Судзуки — Сато — Секи (три первые я сфотографировал); несколько раз фотографировал серебристые облака; пять раз на широте Рыбинска (58° с. ш.) наблюдал полярные сияния. Полярное сияние, продолжавшееся всю ночь с 8 на 9 марта 1970 года, удалось зафиксировать на фотопленку.

Летом 1971 года, находясь в Крыму, я получил большое количество снимков звездного неба. Для фотографирования использовались две малоформатные короткофокусные камеры «Ленинград» с объективом «Юпитер-3» и пленка чувствительностью 250 ед. ГОСТ. Камеры были укреплены на штативе вместе с трубой, которая служила гидом. Фокусное расстояние трубы 35 см, увеличение $18\times$. Гидирование осуществлялось по звезде, вручную. При хороших метеорологических условиях выдержка достигала одного часа. В Крыму с неподвижно установленными камерами я сделал снимки метеоров.

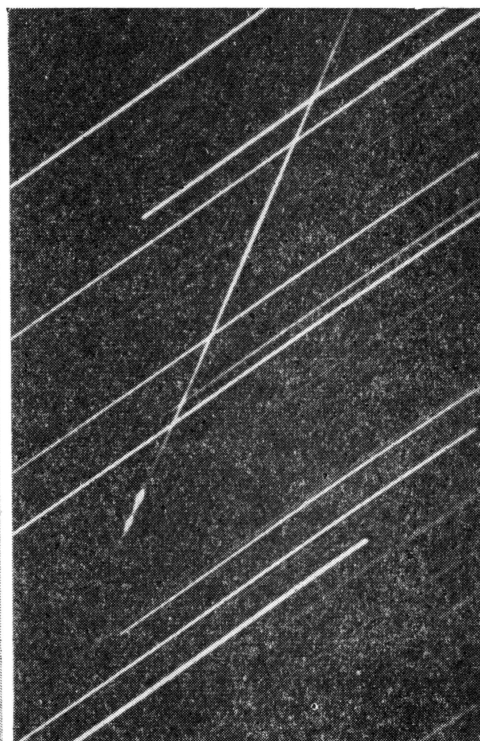
Владимир ФРОЛОВ
г. Рыбинск



Установка для фотографирования звездного неба



Комета Беннета 29 апреля 1970 г.



Метеор из потока Персеид



К 500-летию со дня рождения

Марки

о Николае

Копернике

В 1973 г. научная общественность мира будет отмечать 500-летие со дня рождения Николая Коперника. Ему посвящено немало филателистических материалов. Особенно много марок выходит на родине ученого, в Польше. Еще в 1923 г. там были выпущены первые две марки, положившие начало филателистической летописи о жизни и научной деятельности великого астронома эпохи Возрождения. В 1931 г. появились первые польские

почтовые карточки, иллюстрированные достопримечательностями города Торунь на берегах Вислы — места рождения Коперника. В 1938 г. вышла в свет марка, запечатлевшая облик старинной ратуши в Торунь, вблизи которой в 1853 г. соорудили памятник Копернику.

В 1945 г. почтовое ведомство Польши издало серию с видами Кракова. На одной из марок показан памятник Копернику (автор — известный скульптор и архитектор Циприан Гудебский), установленный во дворе Краковского университета. Здесь, на факультете искусств, студент Коперник изучал естественные науки и овладевал основами астрономии. В 1946 г. была выпущена новая марка с его монументом на фоне университетской библиотеки, а также блок с воспроизведением этой марки. В 1955 г. поступила в почтовое обращение большая серия, посвященная памятникам Варшавы. На одной почтовой миниатюре этой серии изображено скульптурное изваяние Коперника, воздвигнутое в 1830 г. в центре Варшавы. Марки, иллюстрирующие памятники великому астроному (числом около двадцати), изданы не только в Польше, но и в Германии, Люксембурге, Ватикане.

Марки о Копернике стали появляться и в других странах. Преимущественно это были марки с портретами ученого, но известны и другие — с изображением исторических памятников в Кракове, Люблине и Варшаве. Портретные марки были изданы в КНР (1954 г.), во Франции (1957 г.). Научно-познавательный интерес представляют марки Парагвая (1965 г.) и Йеменской Арабской Республики (1969 г.). На двух парагвайских марках портрет ученого показан на фоне старинного астрономического инстру-



мента и схемы гелиоцентрической системы мира. Йеменская марка сочетает мотивы астрономии и космонавтики. На этой многокрасочной крупноформатной марке показан портрет Коперника и рисунок третьего советского искусственного спутника Земли. Сюжет марки сопровождается надписью на английском языке: «СССР. Спутник — III. 15.5.1958» и «Николай Коперник. 1473—1543. Польша».

Для собирателей тематической коллекции несомненный интерес представляют марки, повествующие о жизни ученого. Из них можно составить не только портретную галерею, но и тематическую подборку, раскрывающую многогранную научную деятельность Коперника. Хотелось бы отметить две марки — польскую и советскую. Первая выпущена (1953 г.) в ознаменование 480-летия со дня рождения ученого, а вторая, аналогичная по сюжету, — в 1955 г. На этих марках воспроизведена известная картина польского живописца прошлого века Яна Матейко, изображающая Коперника на наблюдательной площадке своей обсерватории. На советской марке в дополнение к картине помещен автопортрет Матейко. Старинное здание во Фромборке, где жил и работал ученый, а ныне находится музей Коперника, показано на марках, изданных в 1960 и 1962 гг. в Польше.

26 июня 1969 г. поступила в обращение серия из трех польских марок. В день ее выхода производилось гашение специальным штемпелем: «Николай Коперник. 1473—1973. Варшава-1. 26.VI.1969». На марке номиналом 60 грошей — портрет астронома и армиллярная сфера. Фоном служат знаки зодиака. На почтовой миниатюре номиналом 2,50 злотых — схема гелиоцентрической системы, а на марке в 40 грошей надпись: «Он остановил Солнце и привел в движение Землю».

Начиная с 1969 г. польская почта ежегодно выпускает филателистические серии о Копернике, его жизни, научной деятельности и его эпохе. 26 июня 1970 г. в Польше вышла интересная серия из трех оригинальных портретных марок, выполненных в



едином графическом и сюжетном стиле. Их номинал: 40, 60 грошей и 2,50 злотых. Марки рассказывают о пребывании Коперника в Италии, где он совершенствовал свои знания в университетах Болоньи, Падуи и Феррары. Марки в день выхода гасились штемпелем с рисунком Солнца, символизирующим гелиоцентрическую систему строения мира. На конвертах была напечатана старинная карта с обозначением городов Болоньи, Падуи и Феррары.

1 июня 1971 г. почта ПНР выпустила серию из четырех оригинальных марок с купонами, отделенными перфорацией. На марке в 40 грошей показан дом Коперника в городе Торунь, на купоне помещен портрет

ученого работы Яна Матейко. На второй марке в 60 грошей изображено старинное здание Кракова — Коллегия Майус, а на купоне — одна из страниц учебника геометрии Эвклида, по которому учился Коперник. На марке в 2,50 злотых — замок в Ольштыне, а на купоне нарисована астролябия. На четвертой марке серии (4 злотых) — старинный Собор во Фромборке. На купоне воспроизведена схема гелиоцентрической планетной системы. Следует заметить, что марки всех юбилейных серий (1969—1971 гг.) гасились специальными штемпелями «Первый день», имеющими самостоятельную познавательную и художественную ценность.

В. А. ОРЛОВ

Дорогая редакция!

В газете «Советская Россия» № 63 (4789) опубликована заметка, посвященная мощному взрыву на Солнце. В заметке говорится о возможных катастрофических для Земли последствиях подобных взрывов. Так ли все опасно на самом деле?

*Л. Б. Карпов
Москва*

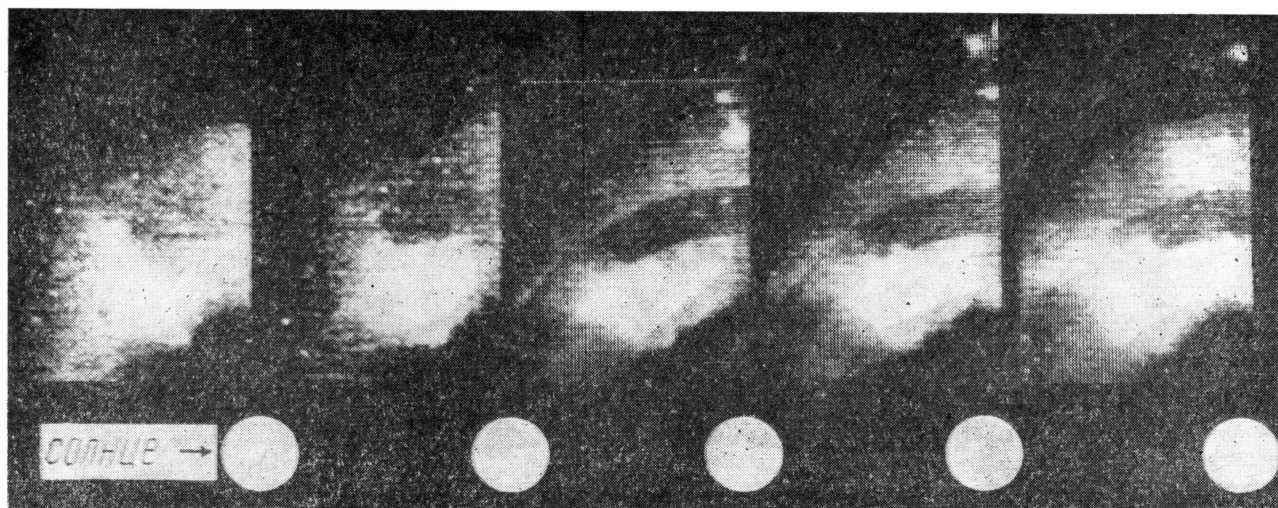
На этот вопрос по просьбе редакции отвечает научный сотрудник Астрономического совета АН СССР Н. Н. ЧУГАЙ.

Солнечная вспышка 13 декабря 1971 г., сообщение о которой попало на страницы широкой печати, обязана своей популярностью американскому спутнику OSO-7, предназначенному для исследования Солнца. На изображениях, полученных с помощью этого спутника, перед исследователями впервые предстали во всей красе процессы в верхней солнечной короне, сопутствующие вспышкам. При наземных наблюдениях рассеянный солнечный свет не позволяет наблюдать корону на таких больших расстояниях от Солнца, как это удается со спутника.

Что представляют собой солнечные вспышки? Заметим прежде все-

го, что они происходят довольно часто: в среднем каждые два часа. Разумеется, мощные вспышки — явление более редкое. Самые уникальные из них — белые вспышки, названные так из-за большой яркости, наблюдаются в среднем раз в пять лет. Хотя детали физических процессов, вызывающих вспышку, недостаточно еще поняты, несомненно, что основная роль здесь принадлежит магнитным полям активных областей, в которых происходит вспышки. Активные области, как правило, содержат пятна, характеризуются повышенной яркостью и сильными магнитными полями. Над активными областями корона намного плотнее, и в ней формируются вытянутые вдоль радиуса образования — корональные лучи. Они хорошо видны на фотографиях короны, сделанных во время затмений.

Обычно вспышки длятся от нескольких минут до часа. Энергия их, колоссальная по земным масштабам,



Снимки участка солнечной короны, полученные со спутника OSO-7. На первом кадре виден яркий корональный луч, который предшествовал вспышке 13 декабря 1971 г. На втором, сделанном через восемь часов, форма коронального луча совершенно изменилась. На третьем кадре появилось несколько газовых облаков (справа, вверху). Они быстро движутся от Солнца, что видно из сравнения третьего и четвертого кадров, интервал между которыми всего 11 минут. Облако, расположенное на расстоянии пяти солнечных диаметров от диска светила, еще заметно на последнем кадре. Белый круг под снимками соответствует размеру и положению Солнца

даже для самых сильных вспышек в 100 000 раз меньше энергии, излучаемой Солнцем за это же время. Однако и при таком незначительном вкладе вспышек в общую энергетику Солнца, человек все чаще сталкивается с их последствиями, особенно в связи с освоением космического пространства.

Значительная доля энергии вспышки выделяется в форме рентгеновского излучения, солнечных космических лучей и кинетической энергии облаков газа, выбрасываемых со скоростью до 1000 км/сек. Разумеется, ни один из перечисленных факторов не представляет абсолютно никакой опасности ни для Земли, ни для ее обитателей. Наша атмосфера надежно защищает все живое от губительной радиации. Уже на высоте около 80 км полностью поглощается рентгеновское излучение. Опускание ионосферы на несколько километров, наблюдающееся после мощных вспышек, приводит к сильному затуханию коротких радиоволн, ухудшая условия их приема.

Космические лучи, представляющие собой ускоренные протоны, задерживаются магнитным полем Земли и заполняют радиационные пояса, а те частицы, которым удается проникнуть ниже, быстро теряют энергию при соударениях с ядрами атомов азота и кислорода. После сильных вспышек концентрация ускоренных протонов в радиационных поясах возрастает в тысячи раз. Околоземные орбиты всех космических кораблей лежат ниже радиационных поясов. Однако для космонавтов, которые значительно удаляются от Земли, вспышки могут представить серьезную угрозу. Поэтому большое значение приобретает прогнозирование вспышек.

Что касается облаков газа, выбрасываемых при вспышке со скоростями 1000 км/сек, то, сталкиваясь с магнитным полем Земли, они вызывают магнитные возмущения. В это время магнитная стрелка сильно колеблется, увеличивается число полярных сияний. Последнее обстоятельство связано с про-

никновением быстрых электронов в полярные области на высоты до 100—200 км.

Несколько слов о вспышке 13 декабря 1971 г. Сама вспышка не наблюдалась, поскольку произошла на невидимой стороне, хотя и вблизи края солнечного диска. Обнаружили вспышку по слабым газовым выбросам над краем диска. Почти одновременно с выбросами несколько радиообсерваторий зарегистрировали всплеск солнечного радиоизлучения на метровых волнах. Вслед за этим со спутника OSO-7 были обнаружены выброшенные во время вспышки облака, движущиеся от Солнца со скоростью около 1000 км/сек. Явления, наблюдавшиеся при вспышке 13 декабря, сопутствуют обычным сильным вспышкам. Поэтому нет никаких оснований выделять эту вспышку среди других.

Большой интерес для исследователей представляют наблюдения верхней короны во время вспышки, выполненные на спутнике OSO-7. Как уже говорилось, только при солнечных затмениях, длительность которых не превышает нескольких минут, астрономы получают возможность изучать корону на больших расстояниях от Солнца. Однако затмения слишком кратковременны, чтобы судить о динамике корональных образований и их взаимодействии с активными областями. Спутниковые наблюдения восполняют этот пробел.

За восемь часов до вспышки OSO-7 зарегистрировал яркий корональный луч. К моменту вспышки, которая произошла в основании этого луча, было выполнено второе наблюдение короны со спутника. Оказалось, что корональный луч полностью изменил свою форму. Несомненно, это связано со вспышкой. Предполагают, что разрушение коронального луча сопровождается выбросом солнечных космических лучей. Изучение подобных корональных явлений позволит внести большую ясность в понимание сложного механизма солнечных вспышек.

НОВЫЕ КНИГИ

ВСЕЛЕННАЯ ИЗ СТРАТОСФЕРЫ

Ленинградское отделение издательства «Наука» выпустило в 1972 г. книгу В. А. Крата и Л. М. Котляра «Баллонная астрономия», в которой подводятся первые итоги возникшей около десяти лет назад новой области наблюдательной астрономии — баллонной (стратосферной). Читатели познакомятся с инструментами и техническими средствами баллонной астрономии (преимущественно с инструментами, предназначенными для разнообразных исследований Солнца, а также с некоторыми приборами для наблюдения планет, звезд и внегалактических объектов) и с результатами стратосферных наблюдений солнечной фотосферы и инфракрасного излучения планет, звезд и ядра сейфертовской галактики NGC 4151.

ЛУННАЯ АСТРОМЕТРИЯ

Астрометрия — один из самых фундаментальных разделов астрономии. Данные астрометрии используются в практической астрономии, небесной механике, астрофизике, внегалактической астрономии. В недалеком будущем астрометрические наблюдения придется выполнять на других небесных телах и прежде всего на Луне. Лунные условия своеобразны, в частности, вращение Луны существенно отличается от вращения Земли. Проблемам лунной астрометрии посвящена монография К. А. Куликова и В. Б. Гуревича «Основы лунной астрометрии» («Наука», 1972 г.). Книга состоит из трех частей: «Движение, вращение и фигура Земли», «Сферическая астрономия», «Практическая астрономия на Луне». Каждая из частей охватывает большой круг специальных вопросов, а в целом монография представляет собой курс лунной астрометрии; впервые появившийся в астрономической литературе.

«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ» В МОСКОВСКОМ ПЛАНЕТАРИИ

Московский планетарий — важный центр пропаганды астрономии, космонавтики и геофизики. О достижениях в этих областях науки рассказывает и журнал «Земля и Вселенная». Не случайно поэтому уже второй раз именно планетарий был выбран местом встречи редакции журнала «Земля и Вселенная» с читателями.

Заместитель директора Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР, доктор географических наук А. А. Аксенов рассказал об экспедиции на острова Тихого океана. Красочные диапозитивы, которыми иллюстрировал свое выступление А. А. Аксенов, помогли участникам вечера представить себе интереснейший рейс «Дмитрия Менделеева».

Итогам Международного симпозиума по проблеме внеземных цивилизаций (Бюракан, сентябрь 1971 г.) посвятил свое выступление кандидат физико-математических наук Л. М. Гиндилис.

Выступавшие подробно отвечали на многочисленные вопросы.

В. Б. ЭЛИНЗОН



Орган Секции физико-математических наук,
Секции наук о Земле Президиума Академии наук СССР
и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Научно-популярный журнал
«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ
Зам. главного редактора кандидат физ.-мат. наук М. Г. КРОШКИН
Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН
Член-корреспондент АН СССР Г. А. АВСЮК, доктор географических наук А. А. АКСЕНОВ, кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШ-ТЭН, член-корреспондент АН СССР Ю. Д. БУЛАНЖЕ, доктор техн. наук А. А. ИЗOTOV, доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, доктор географических наук В. Г. КОРТ, доктор физ.-мат. наук Р. В. КУНИЦКИЙ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, доктор физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор физ.-мат. наук Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ, доктор геол.-мин. наук Ю. М. ШЕЙНМАНН.

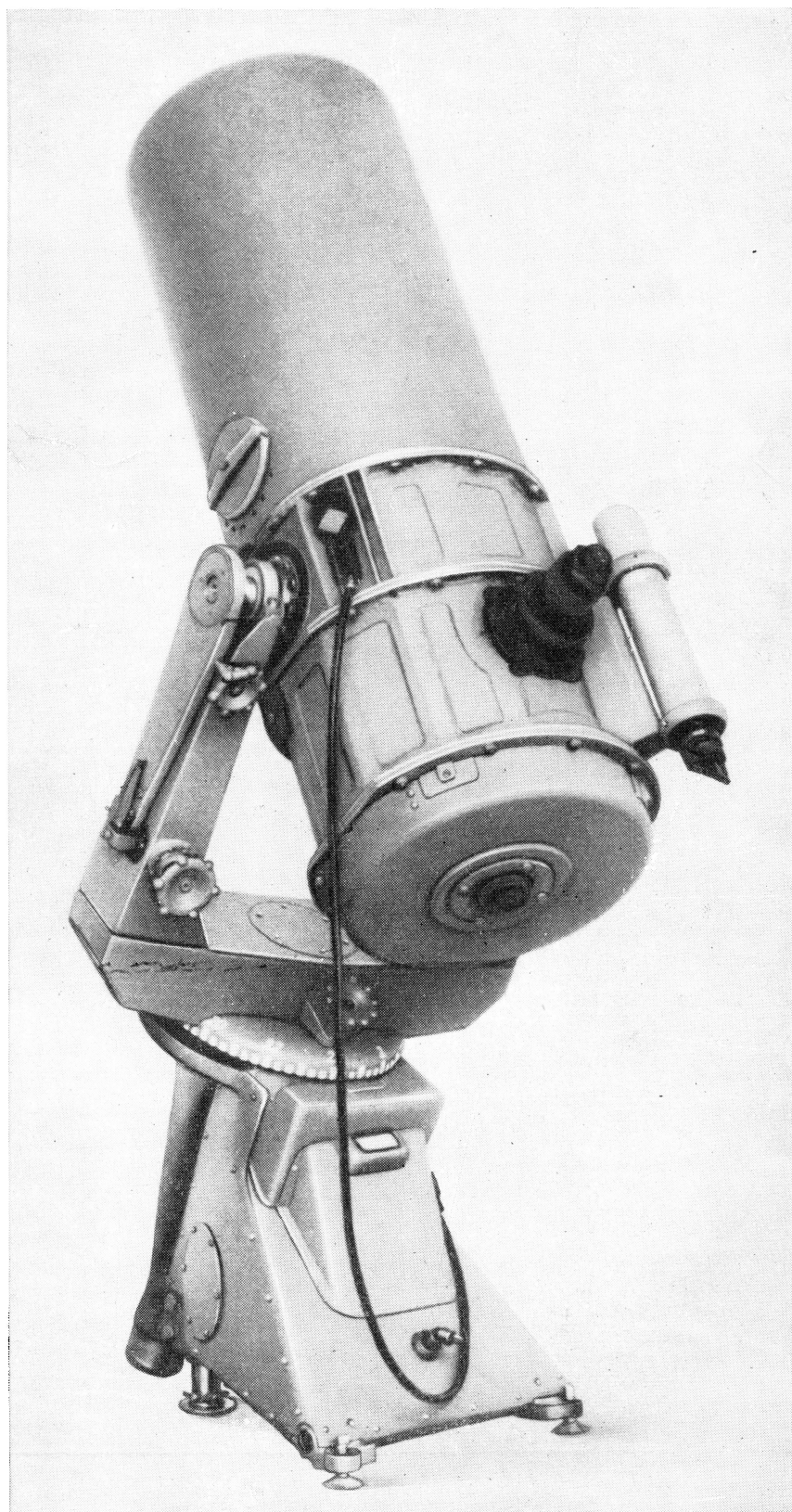
При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна

Адрес редакции: 117333, Москва,
Ленинский пр., д. 61/1
тел. 135-64-81
135-63-08

Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

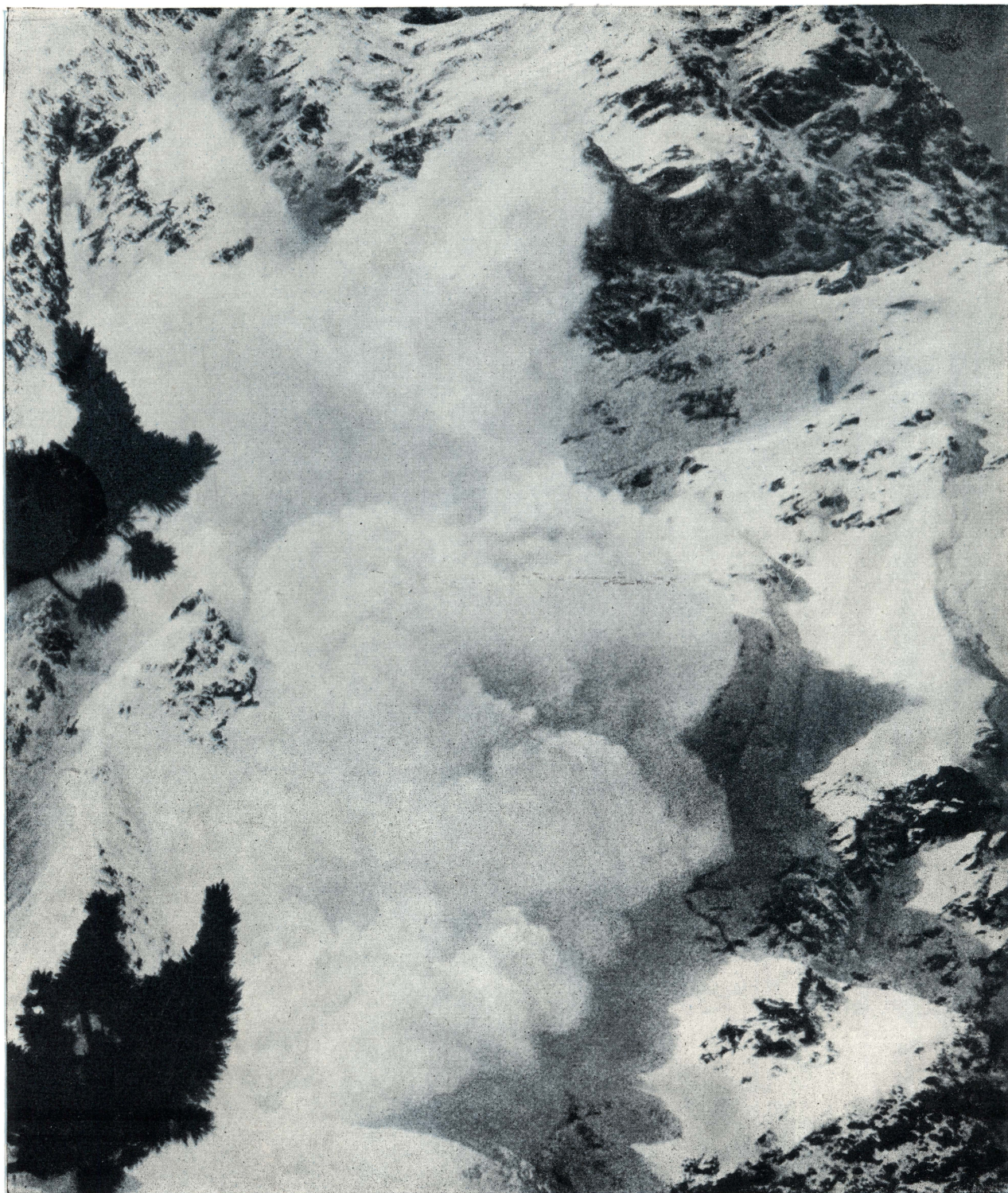
Корректоры:
Н. Е. Затева,
Г. Н. Нелидова

Т-08887 Подписано в печать 30/VI 1972 г.
Сдано в набор 29/IV 1972 г.
Формат бум. 84 × 108¹/₁₆ Бум. л. 2,5
Печ. л. 5,0 (8,4) Уч.-изд. л. 10,1
Тираж 37 000 Цена 40 коп. Заказ 502



**340-миллиметровый
рефлектор, изготовлен-
ный любителем телеско-
построения А. С. Фоми-
ным**

(к статье
М. М. Шемякина)



Снежная лавина

Цена 40 коп.

Издательство



«Наука»

Индекс 70336